



**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**

# 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
Orario Lezioni .....	6
Progetto MiniMat .....	6
Programmi degli Insegnamenti .....	6
Informazioni sulla didattica .....	6
Iscrizione agli esami e ai laboratori e presentazione dei piani di studio .....	6
Biblioteca Chimica .....	6
<b>CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA</b> .....	<b>8</b>
<b>NOTE ILLUSTRATIVE AL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA</b> .....	<b>9</b>
<b>INFORMAZIONI GENERALI</b> .....	<b>9</b>
Date di inizio e fine dei corsi .....	9
Programmi degli Insegnamenti .....	9
Presentazione dei piani di studio .....	9
<b>PIANO DI STUDIO A.A. 2001/2002</b> .....	<b>10</b>
<b>ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI</b> .....	<b>11</b>
<b>PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI</b> .....	<b>13</b>
<b>PRIMO ANNO</b> .....	<b>14</b>
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE .....	14
CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	14
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	15
FISICA GENERALE I .....	16
CHIMICA ORGANICA I .....	18
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I .....	18
CHIMICA ANALITICA I .....	19
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA I .....	19
<b>SECONDO ANNO</b> .....	<b>21</b>
CHIMICA FISICA I .....	21
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA I .....	21
CHIMICA INORGANICA I .....	22
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA I corso A e B .....	23
FISICA GENERALE II .....	23
CHIMICA ANALITICA II .....	23
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA II .....	24
CHIMICA ORGANICA II .....	24
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II .....	25
CHIMICA BIOLOGICA .....	25
<b>TERZO ANNO</b> .....	<b>27</b>
CONTROLLO QUALITA' E CERTIFICAZIONE .....	27
CHIMICA FISICA II .....	27
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA II .....	27
SICUREZZA E LEGISLAZIONE IN AMBITO CHIMICO .....	28
CHIMICA DELL'AMBIENTE .....	28
<b>CORSI A SCELTA</b> .....	<b>30</b>
CHIMICA ANALITICA (APPLICATA AI BENI CULTURALI) .....	30
CHEMIOMETRIA .....	30
METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI .....	30
CHIMICA DEI COMPOSTI DI COORDINAZIONE .....	30
STRUTTURISTICA CHIMICA .....	31
CHIMICA FISICA (COMPLEMENTI) .....	32
CHIMICA TEORICA (QUANTISTICA) .....	33
CHIMICA COMPUTAZIONALE .....	33
ELETTROCHIMICA .....	34

CHIMICA ORGANICA (APPLICATA).....	34
SINTESI E TECNICHE SPECIALI ORGANICHE.....	35
CHIMICA DELLE SOSTANZE ORGANICHE NATURALI .....	35
CHIMICA DEI COMPOSTI ETEROCICLICI .....	35
CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE .....	35
METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA .....	35
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA .....	36
<b>CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE .....</b>	<b>37</b>
INFORMAZIONI GENERALI.....	38
Date di inizio e fine dei corsi .....	38
Programmi degli Insegnamenti .....	38
Calendario appelli esami di profitto .....	38
Iscrizione ai laboratori e presentazione dei piani di studio .....	38
PIANO DI STUDIO A.A. 2001 /2002 .....	39
EVENTUALE PROSECUZIONE DEGLI STUDI.....	40
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI .....	41
PRIMO ANNO .....	42
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE .....	42
CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	42
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	42
LABORATORIO DI INFORMATICA .....	42
CHIMICA ANALITICA .....	43
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA .....	43
FISICA GENERALE.....	43
CALCOLO NUMERICO .....	43
SECONDO ANNO .....	44
CHIMICA ORGANICA I.....	44
CHIMICA FISICA .....	46
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA .....	46
CHIMICA INORGANICA.....	46
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I .....	47
CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE .....	47
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE.....	48
CHIMICA ORGANICA II .....	49
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA .....	51
TERZO ANNO .....	52
CHIMICA BIOLOGICA .....	52
CHIMICA FISICA INDUSTRIALE .....	52
CHIMICA INDUSTRIALE.....	52
LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE .....	52
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II .....	53
PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI.....	53
LABORATORIO DI PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI .....	53
ECONOMIA, ORGANIZZAZIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE.....	53
CORSI A SCELTA .....	54
SICUREZZA NELL'AMBIENTE DI LAVORO E STRUMENTAZIONE CHIMICA.....	54
GESTIONE AZIENDALE .....	54
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE .....	55
<b>CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE.....</b>	<b>56</b>
INFORMAZIONI GENERALI.....	57
Date di inizio e fine dei corsi .....	57
Calendario appelli esami di profitto.....	57
Presentazione dei piani di studio.....	57
Programmi degli Insegnamenti.....	57
NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE. ....	58
ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI.....	59
ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI OPZIONALI .....	60
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI .....	62

PRIMO ANNO .....	63
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE .....	63
CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	63
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA .....	63
LABORATORIO DI INFORMATICA .....	64
FISICA GENERALE.....	64
CHIMICA ANALITICA CON LABORATORIO.....	64
CHIMICA ELETTROANALITICA CON LABORATORIO .....	64
CHIMICA ORGANICA .....	65
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA .....	67
SECONDO ANNO .....	69
CHIMICA FISICA .....	69
CHIMICA FISICA DELLE INTERFASI.....	69
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA .....	69
CHIMICA INORGANICA E DEI MATERIALI INORGANICI CON LABORATORIO.....	70
CHIMICA AMBIENTALE, SICUREZZA E LEGISLAZIONE.....	70
CONTROLLO AMBIENTALE .....	71
COMPOSTI ORGANICI DI INTERESSE INDUSTRIALE CON LABORATORIO.....	72
CHIMICA BIOLOGICA E BIOTECNOLOGIE .....	73
ANALISI CHIMICA STRUMENTALE .....	73
ANALISI DI STRUTTURE MOLECOLARI .....	74
TERZO ANNO .....	75
TECNOLOGIE INDUSTRIALI DI DISINQUINAMENTO .....	75
ELEMENTI DI IMPIANTI CHIMICI.....	75
CHIMICA FINE E MACROMOLECOLARE .....	75
CONTROLLO QUALITÀ E CERTIFICAZIONE.....	75
PROPRIETÀ INDUSTRIALE .....	75
CORSI OPZIONALI.....	76
CHIMICA ANALITICA (APPLICATA AI BENI CULTURALI) .....	76
ELEMENTI DI CHEMIOMETRIA .....	76
SOSTANZE NATURALI E APPLICAZIONI INDUSTRIALI.....	77
TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE AMBIENTALI .....	77
MATERIALI STRUTTURALI PER L'INDUSTRIA CHIMICA.....	77
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE .....	79

**Orario ricevimento dei docenti dei corsi di laurea chimici ..... 80**

## **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 la parte descrittiva di ognuno di essi, con l'organizzazione didattica ed i programmi degli insegnamenti.

Ricordiamo che i dati riportati in quest'opuscolo sono aggiornati al luglio 2001, 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 2001. Data, ora e luogo 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 16 luglio p.v., inoltre, sarà attivata la procedura di *immatricolazione online*, accessibile dal sito internet <http://www.matricola.unimi.it>.

### 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. 2001/2002 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.

### 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.

### 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://wwwbiblio.fisica.unimi.it/~merlini/>

**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.

### INFORMAZIONI GENERALI

Per l'a.a. 2001/2002 verranno attivati il PRIMO e il SECONDO anno di corso della laurea Triennale.

#### Date di inizio e fine dei corsi

- 1° semestre: 1.10.2001-26.1.2002
- 2° semestre: 4.3.2002-14.6.2002

#### Calendario appelli esami di profitto

A.A. 2000/2001	Settembre 2001	2 appelli	II Sessione
	Gennaio 2002	1 appello	”
A.A. 2001/2002	Febbraio 2002	2 appelli	I Sessione
	Giugno 2002	1 appello	”
	Luglio 2002	2 appelli	”
	Settembre 2002	2 appelli	II Sessione
	Gennaio 2003	1 appello	”

#### Programmi degli Insegnamenti

Nella seguente sezione sono riportati i programmi degli insegnamenti attivati.

#### Presentazione dei piani di studio

I piani di studio si presentano, salvo casi particolari, tramite terminale SIFA. Si fa presente che gli studenti iscritti al secondo anno di corso dovranno presentare il piano di studio entro il 31 dicembre, salvo diversa indicazione.

**PIANO DI STUDIO A.A. 2001/2002**

A regime, il corso di laurea avrà la durata di tre anni. Nel 2001/2002 vengono attivati il 1° e il 2° anno. Nel 2002-2003 verrà attivato il 3° anno, con il tirocinio e la prova finale per il conferimento della laurea.

**Gli studenti iscritti nell'a.a. 2000-2001 al 1° anno di corso della laurea quinquennale in Chimica - salvo diversa opzione da esercitare per iscritto - saranno automaticamente iscritti al secondo anno della Laurea Triennale in Chimica con il riconoscimento dei crediti formativi acquisiti.**

**ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI**

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

**PRIMO ANNO**

<b>insegnamento</b>		<b>crediti</b>
<b>I semestre</b>		
Istituzioni di Matematiche	<1>	9 <sup>1</sup>
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> <sup>2</sup>	7
Laboratorio di Chimica Analitica I		5
Calcolo Numerico	<6>	5 <sup>1</sup>
Laboratorio Informatico		3

**SECONDO ANNO**

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

<sup>1</sup> In via transitoria, per agevolare il passaggio dalla Laurea Quinquennale, per gli studenti iscritti al II anno della Laurea Triennale i 14 crediti formativi di *Istituzioni di Matematiche I* e *Istituzioni di Matematiche II* vengono considerati equivalenti ai 14 crediti di *Istituzioni di Matematiche* (9 CFU) + *Calcolo Numerico* (5 CFU).

Per conseguire gli ulteriori 3 crediti del corso *Laboratorio Informatico*, gli studenti che si trovano in questa condizione dovranno frequentare quest'ultimo corso al 2° semestre dell'a.a. 2001-2002 e sostenere il relativo esame. Pertanto, *Calcolo Numerico* e *Laboratorio Informatico* verranno attivati anche come corsi singoli.

<sup>2</sup> Gli studenti immatricolatisi nell'a.a. 2000-2001 alla Laurea Quinquennale, che saranno automaticamente iscritti al II anno della Laurea Triennale, dovranno recuperare i corsi *Chimica Analitica I* e *Laboratorio di Chimica Analitica I* al 2° semestre del corrente anno accademico.

Pertanto, in via eccezionale, tali studenti seguiranno i corsi *Chimica Analitica II* e *Laboratorio di Chimica Analitica II* - previsti al II anno della Laurea Triennale - al 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**

<b>insegnamento</b>		<b>crediti</b>
<b>I semestre</b>		
Accertamento lingua Inglese	<13>	3
Controllo qualità e Certificazione	<14>	6
Chimica Fisica II	<15>	7
Laboratorio di Chimica Fisica II		5
Sicurezza e legislazione in ambito chimico	<16>	6
<b>II semestre</b>		
Chimica dell'Ambiente	<17>	6
Corso a scelta	<18>	6
Corso a scelta	<19>	6
Tirocinio		9
Prova Finale		6

**INSEGNAMENTI A SCELTA**

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

La laurea in Chimica si consegue dopo aver superato la prova finale, consistente nella discussione di una relazione scritta relativa all'attività di tirocinio svolta dallo studente.

Per essere ammesso a questa prova finale, che comporta l'acquisizione di 6 crediti, lo studente deve aver conseguito 174 crediti, comprensivi dei crediti previsti per la conoscenza della lingua straniera.

Lo studente che ha conseguito la laurea triennale 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

Milano, luglio 2001

IL PRESIDE  
FACOLTÀ SCIENZE MM.FF.NN.  
(Prof. Gianpiero SIRONI)

IL PRESIDENTE CCL  
IN CHIMICA  
(Prof. Francesco CARIATI)

<sup>3</sup> Mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Applicata e Ambientale

<sup>4</sup> idem

<sup>5</sup> Mutuato dal Corso di Laurea Quinquennale in Chimica Industriale

## **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 percorso: 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)*

Corso A: Prof. Fabio Ragaini

Corso B: Prof.ssa Donatella Strumolo

Significatività delle misure, Arrotondamento. 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. Numeri di ossidazione. Nomenclatura di base dei composti inorganici. Tipi di reazioni chimiche: acido-base, ossido-riduzione. Bilanciamento delle equazioni chimiche noti i reagenti e i prodotti. Bilanciamento delle equazioni chimiche di ossido-riduzione. Numero di equivalenza per le reazioni di ossido-riduzione, per le reazioni acido-base. Equivalente peso equivalente. Le soluzioni. Modi per esprimere la composizione. Analisi gravimetrica, analisi volumetrica, titolazioni acido-base e ossidimetriche. L'equazione di stato dei gas ideali, miscele di gas ideali. Miscugli gassosi a comportamento ideale: frazioni molari, pressioni parziali. Costanti di equilibrio. Grado di avanzamento di una reazione. Dissociazione elettrolitica. Elettroliti forti e deboli. Prodotto ionico dell'acqua. Soluzioni neutre, acide e basiche. pH e pOH. Calcoli relativi al pH. Equilibrio omogeneo, ionico in soluzione acquosa riguardante gli ioni complessi. Solubilità e prodotto di solubilità. Calcoli relativi alla formazione di precipitato per miscelamento di soluzioni. Calcoli relativi alla solubilità in presenza di equilibri idrolitici e di complessazione.

Variazione della solubilità in funzione del pH. Elettrochimica. Elettrolisi. Leggi di Faraday. Potenziali elettrodi di riduzione. Scala elettrochimica. Equazione di Nernst. Calcolo della f.e.m. di una pila. Calcolo di costanti di equilibrio di reazioni di ossido-riduzione. Termodinamica chimica: applicazioni della legge di Hess. Calcolo di  $\Delta G^\circ$  di reazione. Relazione tra  $\Delta G^\circ$  e costante di equilibrio fissata la temperatura.

Ad integrazione delle esercitazioni numeriche in aula vengono effettuate esercitazioni pratiche di laboratorio. Tali esercitazioni vertono sull'acquisizione delle più elementari tecniche di base sulla sintesi di composti inorganici. Le esercitazioni includeranno le seguenti esperienze: Sintesi del sale di Mohr, Sintesi del perborato di sodio, Sintesi del dicromato di potassio, Serie di reazioni su composti di rame, 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.

- Clerici, S. Morrocchi, *Esercitazioni di Chimica*, Ed. Spiegel
- 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 (2 h)

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

#### 2. Vettori (1 h)

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

#### 3. Teoria degli errori (2 h)

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

#### 4. Cinematica (4 h)



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.** Grandezze cinematiche lineari e rotazionali e relative unità di misura.

#### 5. Dinamica del punto (4 h)

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

#### 6. Centro di massa e quantità di moto (3 h)

**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. Unità e dimensioni delle grandezze introdotte.**

#### 7. Lavoro ed Energia (6 h)

**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.** Gravità terrestre in funzione della distanza. Energia potenziale gravitazionale ed energia totale gravitazionale. **Unità e dimensioni delle grandezze introdotte.**

#### 8. Dinamica dei corpi rigidi (4 h)

**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. **Teorema degli assi paralleli di Huygens-Steiner.** Relazione tra momento angolare e momento d'inerzia. Pendolo composto. **Equazioni cardinali della dinamica dei corpi rigidi. Sistemi isolati meccanicamente e loro condizioni di equilibrio. Equilibrio meccanico.** Conservazione del momento angolare. **Urti con conseguenze rotatorie. Lavoro e potenza nei moti rotatori. Unità e dimensioni delle grandezze introdotte.**

#### 9. Fluidi (4 h)

**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. Unità e dimensioni delle grandezze introdotte.**

#### 10. Calore e temperatura (3 h)

**Calore. Temperatura. Definizione calorimetrica del calore. 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. Definizione di sorgente di calore. Equivalenza calore-lavoro: mulinello di Joule. Il joule e la caloria. 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. Unità e dimensioni delle grandezze introdotte.**

#### 11. Teoria cinetica dei gas perfetti (3 h)

**Modello di gas perfetto.** Legge di Joule-Clausius. Velocità quadratica media. Energia interna di un gas perfetto. **Equazione di stato di Clapeyron.** Energia traslazionale e rotazionale. **Gradi di libertà e principio di equipartizione dell'energia.** Pesì molecolari e velocità quadratiche medie di miscugli gassosi. **Distribuzione delle velocità di Maxwell; influenza della temperatura sulla maxwelliana.** Definizione cinetica della temperatura. **Unità e dimensioni delle grandezze introdotte.**

12. Primo principio della termodinamica (5 h)

**Trasformazioni aperte e cicli. Equazioni di stato e funzioni di stato: coordinate termodinamiche macroscopiche e criteri di scelta. Carattere di una trasformazione: reversibilità e irreversibilità. Tracce nell'ambiente esterno.** 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. Lavoro adiabatico come funzione di stato.** Calcoli di quantità di calore, lavori e variazioni di energia interna. **Unità e dimensioni delle grandezze introdotte.**

13. Secondo principio della termodinamica (4 h)

**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.** Rendimento e fattore di qualità. Ciclo di Carnot: e suo rendimento e suo fattore di qualità. **Teorema di Carnot per cicli termici e frigoriferi.** Irraggiungibilità dello zero assoluto: nuova forma del secondo principio.

14. Entropia (3 h)

**Disuguaglianza di Clausius. Integrali di Clausius.** Attendibilità di un ciclo e teorema di Carnot. **Il concetto di entropia. Variazioni entropiche nelle varie trasformazioni: formula universale.** Entropia e reversibilità, entropia e lavoro, entropia e disordine. Entropia dell'universo: enunciato di Clausius. **Variazioni entropiche di sistema, ambiente esterno e dell'universo in trasformazioni aperte e cicli in base al carattere. Piano di Gibbs e sua rappresentazione del ciclo di Carnot.** Confronto con il piano di Clapeyron. Unità e dimensioni delle grandezze introdotte.

N.B.= Gli argomenti in carattere **neretto** richiedono la dimostrazione.

Il programma corrisponde a 6 crediti, ovvero a 48 h di lezioni teoriche. Sono inoltre previsti altri 2 crediti per esercitazioni alla lavagna per un totale di 32 h.

Prova d'Esame

Durata: 1,5 h

Prevede la soluzione di un problema e di circa 15 quesiti a risposta multipla.

La prova orale consiste in un colloquio su tutto il programma del corso.

Testi adottati

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

(per quest'ultimo testo, richiedere al docente gli Errata Corrige)

**CHIMICA ORGANICA I**

*Crediti didattici 7*

Prof. Francesco Sannicolò

In attesa programma

**LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I**

*Crediti didattici 5*

Dott.ssa Donatella Potenza

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*

Prof. Gian Maria Zanderighi

*Fondamenti dell'analisi chimica.*

Trattamento statistico del dato analitico. Equilibri in sistemi omogenei. Equilibri acido-base. Formazione di complessi. Equilibri eterogenei. Sistemi solido-liquido. Equilibri di precipitazione. Scambio ionico. Sistemi liquido-liquido. Sistemi di ossidoriduzione. Reazioni di ossidoriduzione. Celle elettrochimiche

*Metodi di analisi chimica*

Gravimetria (con cenni di termogravimetria). Volumetria. Principi generali. Titolazioni acido-base. Titolazioni con formazione di complessi. Titolazioni per precipitazione. Titolazioni di ossido-riduzione. Metodi elettroanalitici. Potenzimetri. Conduttimetria

## **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  $pI_{one}$  ); 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]

## SECONDO ANNO

### CHIMICA FISICA I

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

Prof. Tantardini Gian Franco

*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 rotovibrazionali; 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:

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

### LABORATORIO DI CHIMICA FISICA I

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

Prof. Silvia Ardizzone

Crediti Formativi Universitari: 5

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 Russell-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, ammoniacale, ossidi e ossoanioni dello zolfo, ossidi, perossidi e superossidi metallici, composti a catene, anelli e gabbie del blocco  $p$ .

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

*Chimica dei composti di coordinazione (8 ore)*

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

*Esercitazioni (1 credito)*

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

Testo consigliato

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

Testi da consultare

- J. E. HUEEY, *Inorganic chemistry* 3° Edition, Harper Collins Publishers.
- W.W. L. JOLLY, *Modern Inorganic Chemistry* 2° Edition, McGraw-Hill.
- F. A. COTTON, G. WILKINSON, *Advanced inorganic chemistry* 4° Edition John Wiley & Sons.
- N. N. GREENWOOD, A. EARNSHAW, *Chemistry of the elements*, Pergamon
- F. WELLS, *Structural Inorganic Chemistry*, Clarendon 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*

Prof.ssa Lina Zuffi

Elettricità - Magnetismo - Elettromagnetismo - Relatività Ristretta - Ottica - Meccanica Quantistica.  
(in attesa programma completo)

**CHIMICA ANALITICA II**

*Crediti didattici 6*

In attesa programma. Il corso sarà attivato a partire dall'a.a. 2002-2003

## **LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA II**

*Crediti didattici 4*

In attesa programma. IL corso sarà attivato a partire dall'a.a. 2002-2003

## **CHIMICA ORGANICA II**

*Crediti didattici 7*

Prof.ssa Luisa Garanti

### *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 etrociclici 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)

### *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)

### *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 (6 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)*

Prof.ssa Renata Zippel

*Introduzione:* 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:* 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:* Lipidi di membrana, struttura e funzione della membrana. Cenni sul trasporto di membrana.

*Enzimi:* Classificazione degli enzimi e funzione. Coenzimi e cofattori. Cinetica enzimatica (con esercitazione nel laboratorio) Inibizione enzimatica. Esempi di meccanismi di catalisi enzimatica. Regolazione dell'attività enzimatica: allosteria e modificazioni covalenti

*Metabolismo:* 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:* 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.* 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 con esercitazione.* Clonaggio di DNA mediante l'uso di plasmidi. Enzimi di restrizione ed analisi di mappe di restrizione. Produzione di proteine eterologhe in microrganismi. Disegno di enzimi ingegnerizzati

Testi consigliati:

- Mathews, K.E. Van Holde, *BIOCHIMICA*. 1998 Ambrosiana. Milano.
- Lehninger A. Nelson D.L. Cox M.M. *PRINCIPI DI BIOCHIMICA*, 1993 Zanichelli Bologna
- D.Voet J.G.Voet *BIOCHIMICA* 1993 Zanichelli, Bologna.

## TERZO ANNO

*NB: questi insegnamenti saranno attivati a partire dall'a.a. 2002-2003*

### **CONTROLLO QUALITA' E CERTIFICAZIONE**

*Crediti didattici 6*

Corso attivato a partire dall'a.a. 2002-2003

### **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. Isotherme Sperimentali. Isotherme 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 (3 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 (3 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* (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. Il corso sarà attivato a partire dall'a.a. 2002-2003

## **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).

*Comparti ambientali.*

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.

Idrosfera

- Proprietà chimiche e fisiche dell'acqua e delle soluzioni acquose. Acque dolci e oceani

- Distribuzione delle specie chimiche nei sistemi acquosi. Composti poco solubili, complessi, diagrammi pE/pH
- Interazione Atmosfera/ Idrosfera, solubilità dei gas, il caso della CO<sub>2</sub>.
- Metalli, materiale organico, chimica ambientale dei colloidi e dei fenomeni di adsorbimento, sedimenti, mobilità' delle specie chimiche, interazioni con la vita' biologica.
- Cenni ai processi di depurazione e di potabilizzazione delle acque.

#### Litosfera

- Rocce primarie, origine, caratteristiche e composizione.
- Interazione Idrosfera/Litosfera, processi di dilavamento. Scambiatori ionici, argille e materiali umici.
- Composizione e caratteristiche dei suoli, profili, mobilità' dei composti chimici, relazioni con l'attività' biologica.
- Cenni ai processi di smaltimento dei residui solidi urbani e industriali.

#### Libri consigliati

- G. Restelli, G. Zanderighi – *Chimica dell'atmosfera e dell'inquinamento atmosferico*. Edizioni Unicopli, Milano, 2001
- Lucidi delle lezioni per la parte di Idrosfera e litosfera.

## CORSI A SCELTA

*NB: questi insegnamenti saranno attivati a partire dall'a.a. 2002-2003*

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

*Crediti didattici 6*

Corso mutuato dal Corso di Laurea in Chimica Applicata e Ambientale. Vedi il programma dell'omonimo corso.

### **CHEMIOMETRIA**

*Crediti didattici 6 (5.5 CFU di lezioni + 0.5 CFU di esercitazioni)*

Prof. Tantardini Gian Franco

*Introduzione (8 ore)* – Obiettivi, metodi e applicazioni della chemiometria. Precisione e accuratezza di una misura, bias, ripetibilità e riproducibilità, variabili casuali, funzioni di probabilità e di distribuzione. Parametri statistici elementari. Ipotesi statistiche, test statistici parametrici e non parametrici, livello di significatività, errori di 1° e 2° tipo. Confronto tra due metodi di misura.

*Analisi della varianza (8 ore)* – Confronti multipli. ANOVA a un fattore, modello lineare. Modello a effetti fissi e a effetti casuali. ANOVA a due fattori con e senza replicazioni. Regressione con la retta. ANOVA della regressione lineare e test di significatività.

*Analisi di regressione (4 ore)* – Regressione lineare e non lineare. Regressione polinomiale. Regressione lineare multipla. Regressione polinomiale stepwise.

*Analisi di correlazione (3 ore)* – Matrice di covarianza. Coefficiente di correlazione. Matrice di correlazione. Analisi di serie storiche, autocorrelazione e autogressione.

*Superfici di risposta (3 ore)* – Modelli meccanicistici e modelli empirici. Superfici di risposta a un fattore, a due fattori con e senza interazione. Disegni fattoriali.

*Analisi multivariata (11 ore)* – Strutture di dati multivariati. Metodi per l'esplorazione dei dati. Metodi grafici. Analisi delle componenti principali, obiettivi e criteri. Trattazione matriciale della PCA. Metodo iterativo. Metodo ad autovalori e autovettori. Matrice dei loadings e degli scores. Regressione in componenti principali. Analisi fattoriale.

*Cluster analysis (2 ore)* – Misure di similarità. Metodi gerarchici e non gerarchici. Strategie per l'analisi di similarità.

*Metodi di classificazione (2 ore)* – Analisi discriminante lineare. Il metodo KNN. Metodi basati sulle componenti principali (SIMCA). Altri metodi di classificazione.

*Altri argomenti (3 ore)* - I descrittori molecolari. Introduzione alle relazioni quantitative attività-struttura (QSAR)

Esempi di applicazioni a problemi di interesse chimico. (8 ore)

Testi consigliati:

appunti di lezione

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

Crediti didattici 6

In attesa programma

### **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 ammoniaca 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.

b) *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

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

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

*crediti didattici 6*

Prof. Emanuele Ortoleva

*Spazi lineari (12 ore)* - Sistemi di coordinate: Sistemi di coordinate cartesiane e curvilinee. Fattori di scala. Trasformazioni da un sistema di coordinate all'altro. Spazi lineari e operatori lineari: Spazi finiti. Isomorfismo. 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 (16 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.  $\delta$  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: 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 (12 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: 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.

#### Testi consigliati:

Oltre alle dispense del corso può essere consigliato uno dei seguenti testi:

- 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.

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

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

Dott. Sironi Maurizio

*I fondamenti matematici della meccanica quantistica (4 ore)* - Operatori lineari: proprietà e loro applicazioni. Uso della notazione di Dirac.

*I fondamenti della Meccanica Quantistica (10 ore)* - 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.

*Particella in campo centrale (7 ore)* - Teoria generale del momento angolare. Fattorizzazione dell'equazione di Schrodinger. Risoluzione dell'equazione radiale.

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

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

*Struttura elettronica delle molecole (8 ore)* - L'approssimazione di Born-Oppenheimer. Il metodo di Hartree-Fock

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).

### **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)

**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

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.

*I modulo (CF 3; ore 24)*

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 (CF 3; ore 24)*

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

In attesa programma

## **CHIMICA DEI COMPOSTI ETEROCICLICI**

Crediti didattici 6

In attesa programma

## **CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE**

Crediti didattici 6

In attesa programma. Corso mutuato dal Corso di Laurea Quinquennale in Chimica Industriale.

## **METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA**

Crediti didattici 6

In attesa programma

**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 corso A	Fabio Ragaini
Laboratorio Chimica Generale e Inorganica corso B	Donatella Strumolo
Fisica Generale I	Michelangelo Fazio
Chimica Organica I	Francesco Sannicolò
Laboratorio Chimica Organica I	Donatella Potenza
Chimica Analitica I	Silvia Bruni
Laboratorio Chimica Analitica I corso	Patrizia Mussini
Calcolo Numerico	Flavia De Tisi
Laboratorio Informatico	Mario Ornaghi
Chimica fisica I	Gian franco Tantardini
Laboratorio Chimica fisica I	Silvia Ardizzone
Chimica Inorganica I	Gianfranco Ciani
Laboratorio Chimica Inorganica I	Alessandro Ceriotti
Laboratorio Chimica Inorganica I	Alessandro Pasini
Fisica Generale II	Lina Zuffi
Chimica Organica II	Luisa Garanti
Laboratorio Chimica organica II	Giordano Lesma
Chimica Biologica	Zippel Renata

**CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE**

## INFORMAZIONI GENERALI

### Date di inizio e fine dei corsi

- Primo semestre: dal 1° ottobre 2001 al 19 gennaio 2002
- Secondo semestre: dal 4 marzo 2002 al 14 giugno 2002

### Programmi degli Insegnamenti

I programmi dettagliati degli insegnamenti di Chimica Industriale sono riportati nella sezione dedicata.

### Calendario appelli esami di profitto

A.A. 2001/2002	Gennaio 2002	1 appello
	Febbraio 2002	2 appelli
	Giugno 2002	1 appello
	Luglio 2002	2 appelli
	Settembre 2002	2 appelli
	Gennaio 2003	1 appello

### Iscrizione ai laboratori e presentazione dei piani di studio

L'iscrizione ai laboratori viene effettuata secondo le modalità indicate dal docente.

I docenti dei corsi di laboratorio accerteranno la presenza degli studenti iscritti e, alla fine del corso, daranno la firma di frequenza.

I piani di studio si presentano, salvo casi particolari, tramite terminale SIFA. Si fa presente che gli studenti iscritti al primo anno di corso dovranno presentare il piano di studio entro il 31 dicembre dell'anno di iscrizione. Eventuali modifiche chieste dagli studenti iscritti agli anni successivi dovranno essere presentate entro la stessa data.

**PIANO DI STUDIO A.A. 2001 /2002**

Nel 2001-2002 vengono attivati il 1° e il 2° anno. Nel 2002-2003 verrà attivato il 3° anno, con il tirocinio e la prova finale per il conferimento della laurea.

Chi ha frequentato, nell'a.a. 2000-2001, il 1° anno di corso della laurea quinquennale in Chimica Industriale può optare per l'iscrizione al 2° anno della laurea triennale, con riconoscimento di tutti i crediti formativi universitari (CFU) acquisiti.

Per quanto riguarda l'esenzione dalle tasse ed ogni altra provvidenza a favore degli studenti meritevoli, si richiede di superare un numero di esami che permetta di acquisire:

- almeno 45 crediti formativi al termine del 1° anno
- almeno 90 crediti formativi alla fine del 2° anno

**ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI****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>

**Corsi a scelta proposti**

- Sicurezza nell'ambiente di lavoro e strumentazione chimica (raccomandato al 1° anno) 5 CFU
- Gestione aziendale (raccomandato al 2° anno) 5 CFU

Altri corsi possono essere individuati tra quelli della Facoltà di Scienze M.F.N. o di altre Facoltà.

**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>

**EVENTUALE PROSECUZIONE DEGLI STUDI**

Lo studente che ha conseguito la laurea triennale in Chimica Industriale potrà iscriversi senza debiti formativi alla laurea specialistica:

- CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE

Altre lauree specialistiche di area chimica sono:

- SCIENZE CHIMICHE
- SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI

Milano, luglio 2001

IL PRESIDE  
FACOLTÀ SCIENZE MM.FF.NN.  
(Prof. Gianpiero SIRONI)

IL PRESIDENTE CCL  
CHIMICA INDUSTRIALE  
(Prof. Paolo BELTRAME)



## **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*

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

Stechiometria. Esercitazioni numeriche sugli aspetti fondamentali del corso di Chimica generale. Esercitazioni pratiche.

### LABORATORIO DI INFORMATICA

*Crediti didattici 3*

Prof.ssa Anna Maria Zanaboni

Concetti di base. Gestione dei documenti. Elaborazione testi. Fogli elettronici. Basi di dati. Reti informatiche.

**CHIMICA ANALITICA**

*Crediti didattici 7*

Prof. Silvia Bruni

Trattamento statistico di dati analitici. Separazioni analitiche. Metodi gravimetrici e per titolazione. Metodi strumentali.

**LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA**

*Crediti didattici 5*

Dott.ssa Maria Grassi

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

**FISICA GENERALE**

*Crediti didattici 9*

Prof. Roberto Bonetti

Meccanica. Elettrostatica. Corrente elettrica. Campo magnetico. Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. Onde elettromagnetiche. Ottica.

**CALCOLO NUMERICO**

*Crediti didattici 7*

Prof.ssa Flavia De Tisi

Errori. Operatori. Equazioni, sistemi lineari e non-lineari. Approssimazione di funzioni. Integrazione numerica.

## SECONDO ANNO

### CHIMICA ORGANICA I

*Crediti didattici 7 (2 CFU per la parte generale, 4 CFU per la sintesi e la reattività dei gruppi funzionali, 1 per esercitazioni)*

Prof. Cinquini Mauro

Orbitali atomici e orbitali molecolari. Legami covalenti. Ibridazione  $sp^3$ ,  $sp^2$  e  $sp$  degli orbitali del carbonio

Nomenclatura delle principali classi di composti organici.

*Alcani*: Il concetto di omologia. Nomenclatura IUPAC. Reazioni radicaliche: alogenazione di alcani. Sintesi degli alcani: idrogenazione di olefine; riduzione di composti carbonilici, sintesi di Wurtz e di Corey-House.

*Stereoisomeria*: Enantiomeri e diastereoisomeri. Chiralità e simmetria. Polarimetria. Nomenclatura di stereoisomeri. Notazioni di Fisher e di Cahn-Ingold-Prelog. Le regole di sequenza. Forme racemiche (conglomerati, recemati, soluzioni solide). Risoluzione di racemi. Reazioni stereospecifiche e reazioni stereoselettive. Risoluzione cinetica e "sintesi asimmetrica".

Cinetica e meccanismi di reazione in chimica organica Classificazione delle reazioni organiche. Ordine e molecolarità di una reazione. Controllo cinetico e controllo termodinamico. Intermedi e stati di transizione. Ioni carbonio, carbanioni, carbeni, radicali al carbonio. Effetti induttivi e coniugativi. Iperconiugazione.

*Alcheni*: meccanismi delle reazioni di addizione al doppio legame C-C. Reattività degli alcheni: idrogenazione catalitica, addizioni elettrofile (stereochemica e orientazione, regola di Markownikoff), trasposizioni di ioni carbonio. Idroborazione, ozonizzazione, ossidrilazione, ed epossidazione di alcheni. Ciclopropanazione. Alogenazione alillica. Sintesi di alcheni: deidroalogenazione e dealogenazione di alogeno alcani; disidratazione; reazioni pirolitiche, sintesi di Wittig e analoghe; riduzione di alchini.

*Aleni* (dieni cumulati) e dieni coniugati: il concetto di risonanza. Cenni al benzene e ai composti aromatici.

Dieni coniugati: addizioni, 1,2- e 1,4, cicloaddizioni (sintesi dieniche e loro stereochemica).

*Alchini*: acidità di 1-alchini. Meccanismi delle reazioni di addizione al triplo legame C-C. Reattività chimica degli alchini verso elettrofili, nucleofili e radicali (alogeni, acidi alogenidrici, acqua, alcoli e mercaptani, borani). Idrogenazione catalitica; idrogenazione con Na e  $NH_3$  liq. e loro aspetto stereochemico. Isomerizzazione. Sintesi di alchini: Dealogenazione di alogenuri alchilici e di alogenoetileni; alchilazione di 1-alchini.

*Cicloalcani*: aspetti sintetici e analisi conformazionale.

Alogeno-derivati: Reazioni di sostituzione nucleofila alifatica e di eliminazione. Meccanismi  $SN_2$ ,  $SN_1$ : stereochemica, effetti strutturali e del solvente. Trasposizioni. Catalisi per trasferimento di fase. Partecipazione di gruppo vicino. Meccanismi  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_1CB$ ,  $E_i$ . Orientamento e reattività (regole di Saytzeff e Hoffmann).

Sintesi: da alcani, alcheni e alcoli; per scambio di alogeni

*Composti organo-metallici*: Natura del legame carbonio-elemento. I reattivi di Grignard: sintesi, struttura e comportamento chimico. Litio, zinco e cadmio-alchili. Sintesi e reattività di cuprati.

*Alcoli:* Proprietà chimiche: acidità e basicità; formazione di eteri, estereificazione, trasformazione in alogenuri alchilici, disidratazione, ossidazione. Trasposizione pinacolonica. Metodi di sintesi: da composti carbonilici ed esteri con reattivi di Grignard, idratazione e idroborazione di alcheni, riduzione di derivati carbonilici, idrolisi di esteri, condensazione aldolica, sintesi di Reformatzky. Glicoli da alcheni e per accoppiamento riduttivo.

*Eteri:* Proprietà chimiche: basicità, scissione acida; formazione di perossidi. Sintesi: sintesi di Williamson, addizioni di alcoli agli alcheni, reazione di alcoli in ambiente acido.

*Ossirani:* Meccanismo e stereochemica dell'apertura dell'anello epossidico. Sintesi da alcheni e da composti carbonilici.

*Aldeidi e chetoni:* Proprietà chimiche: polarità e polarizzazione del doppio legame C=O, tautomeria cheto-enolica, acidità degli atomi di idrogeno in posizione alfa. Addizione di acqua, di alcoli, glicoli e tioli, di acido cianidrico, di ammoniaca, ammine, idrazina, idrossilammina, ecc. Sintesi di enammine. Addizione di composti organo-metallici. Reazione con ilidi di fosfonio (reazione di Wittig), e altri metodi di olefinazione. Reazione con ilidi di solfonio e di osso-solfonio. Reazioni di condensazione aldolica, crotonica, aldolica mista, e reazioni analoghe (Henry, Doebner-Knoevenagel, Darzens, Mannich). Reazione di alfa-alogenazione. Riduzione ad alcoli, a pinacoli, a idrocarburi.

Carbonili mascherati. Inversione di reattività. Ossidazione di aldeidi (Reattivi di Tollens e di Fehling); ossidazione di chetoni.

Sintesi delle aldeidi e dei chetoni: ossidazione di alcoli, sintesi a partire da composti organometallici (reazione dei reattivi di Grignard con i nitrili e le ammidi terziarie; reazione di cadmio-alchili con i cloruri acilici); trasposizione pinacolonica di 1,2-glicoli; scissione ossidativa di glicoli; ozonolisi di alcheni, riduzione di cloruri acilici, di nitrili e di ammidi; scissione di beta-cheto-esteri; idratazione di alchini.

*Composti carbonilici alfa-beta insaturi:* addizioni 1-2 e 1-4. Reazioni di tipo Michael.

Acidi carbossilici e loro 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 e Dieckman. Alfa-alogenazione di acidi carbossilici. Sintesi di esteri, cloruri acilici, ammidi, e acidi carbossilici.

Sintesi acetoacetica e sintesi malonica.

*Chetoni:* Sintesi e reattività.

*Nitrili:* Sintesi e reattività.

Ammine: Proprietà chimiche: basicità e acidità; alchilazione, acilazione; reazioni con acido nitroso; ossidazione (N-ossidi); basi di Mannich; eliminazioni di Hofmann e di Cope. Sintesi: sintesi di Gabriel; riduzione di nitrocomposti, ossime, nitrili, ammidi. Amminazione riduttiva di derivati carbonilici; demolizione di Hofmann, Curtius.

Immine, enammine, idrazoni: Sintesi e reattività

*Nitro-composti:* tautomeria, condensazione nitroaldolica. Sintesi di nitrili.

*Ossime:* Sintesi e loro isomeria, trasposizione di Beckmann, ossidazione e riduzione di ossime.

*Acilazidi e diazochetoni:* sintesi e trasposizioni anionotropiche

*Amminoacidi*: Generalità, nomenclatura, stereochimica e proprietà acido-base degli alfa- amminoacidi. Sintesi classiche, produzione industriale, risoluzione ottica, sintesi asimmetrica degli amminoacidi. Formazione dei peptidi.

*Carboidrati*: Monosaccaridi: nomenclatura, rappresentazioni steriche, struttura e proprietà. Cenni ai polisaccaridi.

*Grassi- saponi*: Generalità dei grassi naturali; saponi e detergenti sintetici.

#### 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 1994.
- A.Streitwieser et al., *Chimica Organica*, EdiSES, 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*

Cinetica chimica. Esercitazioni pratiche di termodinamica, cinetica chimica ed elettrochimica.

### **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*

Prof.ssa Anna Bernardi

Tecniche di separazione e purificazione. Problemi di sicurezza. Esecuzione di comuni reazioni della chimica organica.

**CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE**

*Crediti didattici 7*

Prof. Michele Gullotti

Il programma di Chimica Analitica Strumentale è articolato in modo che gli studenti possano essere in grado di risolvere problemi analitici quali informazioni quali e quantitative circa la composizione e struttura della materia. Il corso prevede la conoscenza teorica sia pur limitata dei principi su cui si basano i metodi strumentali. Infatti solo le cognizioni teoriche delle varie metodologie, potranno permettere allo studente, futuro dottore, di scegliere la/le tecniche migliori riguardo sensibilità, accuratezza e precisione che accompagnano le misure stesse. Naturalmente il corso è forzatamente limitativo rispetto le innumerevoli tecniche strumentali introdotte in questi ultimi anni, ma gli argomenti scelti rappresentano la quasi totalità delle applicazioni analitiche più comuni.

Elettroanalitica

*Polarografia e Voltammetria ciclica:* introduzione e basi teoriche. Applicazioni quali e quantitative. Strumentazione

*Spettroscopia*

Introduzione ai metodi spettrofotometri. Applicazione della teoria quantistica alla spettroscopia. Strumentazione.

*Spettroscopia Atomica di assorbimento e di emissione:* principi e teoria. Processi di atomizzazione. Sorgenti di radiazione. Applicazioni analitiche quali e quantitative.

*Spettroscopia di assorbimento infrarossa e raman:* 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 assorbimento UV-Vis:* 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.

*Spettroscopia di chemiluminescenza:* fluorescenza e fosforescenza. Teoria. Strumentazione. Applicazioni.

*Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (NMR):* 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.

*Spettroscopia di risonanza paramagnetica elettronica (EPR):* introduzione. Condizioni di risonanza. Equilibrio termico e rilassamento di spin. Strumentazione. Applicazioni analitiche. *Spettroscopia Fotoelettronica:* teoria e fondamenti. Strumentazione. Spettri fotoelettronici. *Polarimetria e Spettropolarimetria:* teoria e fondamenti. Strumentazione. Dicroismo circolare. Metodi di analisi.

#### *Spettrometria di massa*

Introduzione. Aspetti teorici. Il principio fisico del metodo. Strumentazione. Relazione tra struttura molecolare e frammentazione. Applicazioni analitiche. Interpretazione di spettri di massa.

#### *Cromatografia*

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.

#### 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. Ugo, *Analisi Chimica Strumentale*, Ed. CEA.
- H.H. Willard, L.L. Merritt, J.A. Dean, F.A. Settle Jr., *Instrumental Methods of Analysis*, International Thomson Organization.
- R.M. Silverstein, F.X. Webster, *Identificazione spettroscopica di composti organici*, Ed. CEA.

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

*Crediti didattici 5*

Prof. Michele Gullotti

#### *Metodologie polarografiche e voltammetriche*

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

#### *Metodologie spettroscopiche UV-Vis*

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

#### *Metodologie spettroscopiche IR*

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

#### *Metodologie spettroscopiche di assorbimento atomico*

- Determinazione in tracce di metalli in soluzione

#### *Metodologie cromatografiche*

- Separazione e determinazione di una miscela organica per HPLC
- Determinazione gas-cromatografica di una miscela di composti organici

Verranno inoltre effettuate registrazioni e interpretazioni di spettri di Risonanza magnetica nucleare (NMR), di Massa (MS-CI), di spettroscopia Raman e spettroscopia di Fluorescenza.



Sedici ore infine, saranno utilizzate per esercitazioni numeriche sulla legge di Lambert-Beer; per l'assegnazione, nella spettroscopia IR, delle frequenze di gruppo ai principali composti organici; per la determinazione, nella spettroscopia NMR, del chemical shift dei protoni e dei carboni  $^{13}\text{C}$  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 3+1 (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 ariliazione
5. Riduzione

#### *Derivati aromatici con funzioni nitroso-, idrossilammino-, idrazo-, azo-, azosi*

1. Fenoli

2. Proprietà fisiche, acidità e comportamento chimico
3. Metodi di preparazione
4. 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*

1. Acidi arilcarbossidici
2. Acidi arilalifatici

*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+1 (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 tauomeria 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 e benzoderivati. Piridina N-ossido, Diazine*

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

*Imidazolo, Pirazolo, Isossazolo, Tiazolo*

Sintesi e selettività nei riguardi di reagenti elettrofili e nucleofili

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

Testi consigliati

- J. March, *Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure*, ed. McGraw-Hill Book Company;
- Katrizky, Lagowski, *Principi di Chimica Eterocilcica*, ed. Ambrosiana;
- A. Liberles, *Introduction to Molecular-Orbital Theory*, ed. Holt, Rinehart and Winston, Inc.;
- K.P.V. Vollhardt, *Chimica Organica*, ed. Zanichelli, Bologna 1990.

**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*

Processi biologici. Proteine. Membrane. Enzimi. Metabolismo. Acidi nucleici. Sintesi delle Proteine. DNA ricombinante e biotecnologie.

### 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 limitari. Scambiatori di calore. Proprietà termodinamiche del vapore d'acqua. Irraggiamento. Trasmissione di energia radiante 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*

Chimica industriale inorganica. Chimica industriale organica. Chimica macromolecolare.

### LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE

*Crediti didattici 4*

Sintesi di intermedi organici di interesse industriale. Esecuzione di reazioni di polimerizzazione.

### **LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II**

*Crediti didattici 5*

Esecuzione di reazioni di composti aromatici. Sintesi di composti eterociclici e di semplici prodotti di interesse industriale.

### **PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI**

*Crediti didattici 7*

Termodinamica applicata. Assorbimento. Distillazione e rettifica. Cinetica applicata. Processi e reattori chimici.

### **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*

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*

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	Silvia Bruni
Laboratorio di Chimica Analitica	Maria Grassi
Fisica Generale	Roberto Bonetti
Calcolo Numerico	Flavia De Tisi
Chimica Organica 1° corso	Mauro Cinquini
Chimica Fisica	Giorgio Fiori
Laboratorio di Chimica Fisica	
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

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



## INFORMAZIONI GENERALI

### Date di inizio e fine dei corsi

1° semestre: 1.10.2001 -19.1.2002

2° semestre: 4.3.2002 - 14.6.2002

### Calendario appelli esami di profitto

A.A. 2001/2002	Febbraio 2002	2 appelli	I Sessione
	Giugno 2002	1 appello	”
	Luglio 2002	2 appelli	”
	Settembre 2002	2 appelli	II Sessione
	Gennaio 2003	1 appello	”

### Presentazione dei piani di studio

I piani di studio si presentano, salvo casi particolari, tramite terminale SIFA. Si fa presente che gli studenti iscritti al secondo anno di corso dovranno presentare il piano di studio secondo le norme indicate all'art. 6.2 del Regolamento Didattico d'Ateneo, normalmente nel termine del 31 gennaio.

### Programmi degli Insegnamenti

Nelle pagine che seguono sono riportati i programmi degli insegnamenti.

## **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 2001/2 vengono attivati il **primo** e il **secondo** anno di corso, mentre nel 2002/3 verrà attivato anche il terzo anno.

**Chi ha frequentato nell'a.a. 2000/1 il primo anno di corso del Diploma Universitario in Chimica può iscriversi al secondo anno della laurea in Chimica Applicata e Ambientale con il riconoscimento di tutti i CFU acquisiti.**

Per quanto riguarda l'esenzione dalle tasse universitarie si richiede l'acquisizione di almeno 45 CFU al termine del primo anno e di almeno 90 CFU al termine del secondo anno 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 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>

**ELENCO DEGLI INSEGNAMENTI OPZIONALI**

1. Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici	5CFU
2. Chimica Inorganica Avanzata e Metallorganica	5CFU
3. Chimica Analitica (applicata ai Beni Culturali)	4CFU
4. Elementi di Chemiometria	4CFU
5. Tossicologia Ambientale	5CFU
6. Metodologie di Sintesi organica	5 CFU
7. Sostanze Naturali e Applicazioni Industriali	4CFU
8. Sintesi Organica a Basso Impatto Ambientale	4CFU
9. Ausiliari e Materiali Polimerici	5CFU
10. Spettroscopia e Fotochimica Applicata	5CFU
11. Tecnologie Elettrochimiche Ambientali	4CFU
12. Materiali Strutturali per l'Industria Chimica	4CFU
13. Istituzioni di Matematiche II	5CFU
14. Fisica Generale II	5CFU

Nove crediti sono a disposizione dello studente per essere destinati ad insegnamenti liberamente scelti. Per facilitare comunque una scelta di tali insegnamenti coerente con gli obiettivi formativi del corso di laurea, verrà ogni anno attivato un congruo numero degli insegnamenti opzionali indicati nella Tabella su riportata.

All'inizio del secondo anno di corso, secondo le norme indicate all'art. 6.2 del Regolamento Didattico, gli studenti presentano il piano di studi individuale, indicante in qual modo intendono utilizzare i 9 crediti di cui al paragrafo precedente. Per essere ammesso a sostenere la prova finale lo studente deve inoltre aver superato la prova di conoscenza della lingua inglese ed aver ottenuto l'attestato di frequenza al tirocinio per un totale quindi di 174 CFU.

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.

Lo studente che ha conseguito la laurea in Chimica Applicata e Ambientale potrà iscriversi senza debiti formativi alla laurea specialistica:

- SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI

Altre lauree specialistiche di area chimica sono:

- CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE
- SCIENZE CHIMICHE

Milano, luglio 2001

IL PRESIDE  
FACOLTÀ SCIENZE MM.FF.NN.  
(Prof. Gianpiero SIRONI)

IL COORDINATORE DEL C.L.  
IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE  
(Prof. Paolo FERRUTI)

## **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 di idrogeno ed introduzione alla meccanica quantistica. Classificazione degli orbitali e numeri quantici.

Tavola periodica degli elementi. Energia di ionizzazione. Affinità elettronica.

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.

Cristalli molecolari e ionici.

Pressione. Legge dei gas. Comportamento dei gas reali.

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 di equilibrio dalla temperatura.

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.

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.

Teoria di Arrhenius degli acidi e delle basi secondo Brønsted e Lewis. Forza degli acidi e delle basi.

Conducibilità elettrica delle soluzioni acquose. Energia libera e lavoro elettrico. Pile. Potenziali di ossidoriduzione. Titolazioni potenziometriche. Misure potenziometriche del pH. Elettrolisi. Pile di pratico impiego.

Chimica degli elementi dei blocchi s e p.

#### 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

Concetti di base. Gestione dei documenti. Elaborazione testi. Fogli elettronici. Basi di dati. Reti informatiche.

### **FISICA GENERALE**

*Crediti didattici 8*

Corso mutuato da Chimica Industriale, vedi programma dall'omonimo corso.

### **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 forcilla degli standard, determinazioni mediante tecniche di aggiunte di standard; unità bielettrodiche 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 stereochemica)*

Introduzione al corso e principi generali. Gli orbitali; il legame chimico; il legame ionico e covalente; legami  $\sigma$  e  $\pi$ ; gli orbitali ibridi; esempi  $sp^3$  (metano, etano),  $sp^2$  (etilene),  $sp$  (acetilene), doppietti elettronici non condivisi ( $H_2O$ ,  $NH_3$ ). Polarità del legame; elettronegatività; effetto induttivo; acidi e basi secondo Brønsted e secondo Lewis. Breve descrizione dei gruppi funzionali.

Alcani. Nomenclatura sistematica e proprietà. Introduzione alla ossidazione e alla alogenazione degli alcani.

Principi di analisi conformazionale. Energia di "strain". Proiezioni a zig-zag, di Newman e a cavalletto. Analisi conformazionale di etano, propano e butano.

Cicloalcani. Teoria della tensione di Bayer. Il ciclopropano: legami curvi, isomeria cis-trans. Il cicloesano; analisi conformazionale del cicloesano ("chair, boat, half chair, ring flip"). I cicloesani monosostituiti. *Esercizi di analisi conformazionale.*

Alcheni I. Nomenclatura, struttura elettronica e proprietà. Isomeria cis-trans. Nomenclatura E/Z e regole di sequenza secondo C.I.P.. Stabilità degli alcheni. Iperconiugazione.

Introduzione alle reazioni organiche. Reazioni radicaliche; stabilità dei radicali; facilità di formazione dei radicali; alogenazione radicalica. Reazioni polari: nucleofilo ed elettrofilo. Addizioni elettrofile agli alcheni; meccanismo di reazione; i carbocationi. Controllo cinetico e controllo termodinamico;  $K_{eq}$  e velocità di reazione; reazioni eso- ed endo-termiche. Diagrammi della energia di reazione per la addizione di HBr all'etilene. Coordinata di reazione e stato di transizione. Energia di attivazione. Intermedi di reazione.

Alcheni II. Orientamento della addizione elettrofila. Regioselettività. Regola di Markovnikoff. Planarità e stabilità dei carbocationi. Addizione degli alogeni agli alcheni; stereochemica della addizione. Le aloidrine. Idratazione degli alcheni. Idrobrazione degli alcheni. Ossimercuriazione.

Idrogenazione. Ossidazioni (es.  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{OsO}_4$ ,  $\text{O}_3$ ). Somma radicalica di HBr ed effetto perossidi. Sintesi degli alcheni; eliminazione di HX, eliminazione di  $\text{H}_2\text{O}$ ; trasposizioni; regola di Saytzeff.

Dieni coniugati e risonanza. Dieni coniugati; struttura; addizioni elettrofile 1,2 e 1,4. Carbocatione allilico. Risonanza; ibrido di risonanza; delocalizzazione. Bromurazione allilica e il radicale allilico.

Gli alchini. Nomenclatura e proprietà. Addizione di HX e  $\text{X}_2$ . Acidità degli alchini terminali. Idradazione degli alchini. Tautomeria cheto-enolica. Idrogenazione degli alchini. Sintesi degli alchini.

Composti aromatici. Strutture di Kekulé. Benzene; risonanza; regola di Huckel ( $4n+2$ ). Anione ciclopentadienilico e catione tropilio. Energia di risonanza.

Stereochimica I. Chiralità; elementi di simmetria; stereogenicità. La luce piano-polarizzata; il polarimetro; la rotazione specifica. Enantiomeria; regole di sequenza R,S secondo C.I.P.. Diastereoisomeria; proiezioni di Fisher, cavalletto e Newman; treo e eritro; composti meso; racemi.

Stereochimica II. Stereochimica della addizione di HBr agli alcheni. Stereochimica della addizione di  $\text{Br}_2$  agli alcheni. Sin- e anti- addizione e ioni alonio. Stereoselettività e stereospecificità. Analisi del trans- e cis-1,2-dimetilcicloesano. Cenni di enantiomeria conformazionale e atropoisomeria. *Esercizi di stereochimica.*

*Seconda parte (18 ore lezione; 6 ore di esercitazioni sulla reattività e trasformazioni dei gruppi funzionali, 4 ore di esercitazioni sulle condensazioni carboniliche)*

Alogenuri alchilici. Reazioni di sostituzione ed eliminazione. Nomenclatura, proprietà e struttura degli alogenuri alchilici. Preparazioni; alogenazione radicalica; alogenazione degli alcoli. Inversione di Walden. La  $\text{S}_{\text{N}}2$ ; stato di transizione; stereochimica; cinetica; effetti vari. La  $\text{S}_{\text{N}}1$ ; stato di transizione; stereochimica; cinetica; gruppo uscente; trasposizioni. Effetto del solvente sulla  $\text{S}_{\text{N}}2$  e  $\text{S}_{\text{N}}1$ . Introduzione ai reagenti di Grignard. La eliminazione  $\text{E}_2$ ; meccanismo e stereochimica. La eliminazione  $\text{E}_1$ ; meccanismo e stereochimica. Trasposizioni. Reattività comparata  $\text{S}_{\text{N}}2$ ,  $\text{S}_{\text{N}}1$ ,  $\text{E}_2$ ,  $\text{E}_1$ .

Alcoli ed eteri. Nomenclatura e proprietà. Punti di ebollizione e legami ad idrogeno. Acidità;  $\text{pK}_a$  di alcoli,  $\text{H}_2\text{O}$ , e gruppi funzionali organici. Preparazioni degli alcoli; a partire dagli alcheni; a partire dai composti carbonilici. Riduzioni e ossidazioni. Il  $\text{NaBH}_4$  e il  $\text{LiAlH}_4$ . Riduzione di esteri ed acidi carbossilici. Sintesi di Williamson degli eteri. Reazioni degli alcoli; disidratazione; alogenazione; ossidazioni. Rottura acida degli eteri; reattivi più comuni e meccanismi relativi.

Epossidi, tioli e solfuri. Gli epossidi; sintesi degli epossidi; dalle aloidrine; dagli alcheni coi peracidi. Reattività degli epossidi con elettrofili e nucleofili. Tioli. Solfuri.

Composti carbonilici. Aldeidi e chetoni. Nomenclatura dei composti carbonilici; struttura del carbonile. Nomenclatura, proprietà fisiche e preparazioni di aldeidi e chetoni. Composti di organo-rame e organo-litio. Reazioni di ossidazione delle aldeidi. Riduzione di aldeidi e chetoni. Addizione nucleofila al carbonile, con e senza catalisi di acidi di Lewis. Reazioni di addizione al carbonile, di  $\text{H}_2\text{O}$ , di composti di Grignard, di altri composti metallo-organici. Formazione di immine e idrazoni; formazione di acetali e chetali. Meccanismo di formazione e idrolisi di acetali e chetali. Cianidrine. Amminazione riduttiva. Reazione di Wittig.

Acidi carbossilici e derivati acilici. Acidi carbossilici; proprietà; acidità; effetto dei sostituenti. I carbossilati. Gli acidi bicarbossilici. Preparazioni degli acidi carbossilici. La sostituzione nucleofila acilica. Reazioni degli acidi carbossilici. Reattività dei derivati degli acidi carbossilici; alogenuri acilici; anidridi; esteri; ammidi; nitrili; tioesteri. Trialogenochetoni. Di tutti: nomenclatura, struttura, preparazioni e reattività. *Esercizi sulla reattività e trasformazioni dei gruppi funzionali.*

Enoli e anioni enolato. Reazioni di sostituzione in  $\alpha$  al gruppo carbonilico. Enoli e anioni enolato. Reazioni di  $\alpha$ -alogenazione (a catalisi acida e a catalisi basica). Acidità comparata in  $\alpha$  di chetoni, esteri, ammidi. Ioni enolato e sistemi  $\beta$ -dicarbonilici. Reattività degli ioni enolato. Le enammine. La sintesi malonica; la sintesi acetoacetica; la condensazione aldolica; la condensazione crotonica; la condensazione di Claisen; Claisen incrociata e Dieckmann. La condensazione di Claisen dei tioesteri con accenno alla biosintesi degli acidi grassi. *Esercizi sulle condensazioni carboniliche.*

Gli enoni. Preparazioni e reattività degli enoni. Addizioni di Michael. Addizione dei reagenti di organo-rame.

Le ammine. Nomenclatura, proprietà, basicità delle ammine. Risoluzione di acidi racemi con ammine chirali. Sintesi delle ammine; sostituzione nucleofila degli alogenuri; sintesi di Gabriel; riduzione dei nitrili e ammidi. Degradazione di Hoffman e Curtius, con meccanismo; reazioni di trasposizione. I sali di ammonio. Reazioni delle ammine. Il saggio di Hinsberg. La eliminazione di Hoffmann.

*Terza parte (10 ore lezione; 2 ore di esercitazioni sulla reattività e trasformazioni dei gruppi funzionali)*

Introduzione alla chimica aromatica. Reazioni dei sistemi aromatici: sostituzioni elettrofile e nucleofile all'anello; effetti induttivi ed effetti di risonanza; effetto attivante/diattivante ed orientante dei sostituenti.

Areni. Nomenclatura, proprietà fisiche, fonti industriali, sintesi e reattività'.

Alogenoderivati aromatici. Nomenclatura, proprietà fisiche, sintesi e reattività'.

Derivati aromatici azotati. Nitrocomposti: nomenclatura proprietà fisiche, sintesi e reattività'. Ammine aromatiche: nomenclatura proprietà fisiche, sintesi e reattività'; basicità delle ammine aromatiche. Diazotazione e reattività' dei sali di diazonio (Sandmeyer, idratazione, arilazione, riduzione).

Composti carbonilici aromatici (aldeidi, chetoni, acidi e loro derivati). Nomenclatura, proprietà fisiche, e sintesi proprie della serie aromatica.

Fenoli e chinoni. Nomenclatura, proprietà fisiche, sintesi e reattività'. Acidità dei fenoli. Ossidazione e riduzione. *Esercizi di reattività e trasformazione 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.

Conseguenze dell'equilibrio: equilibrio di trasferimento del protone, soluzioni saline acquose, equilibri di solubilità.

#### 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 (2 crediti)*

Cinetica chimica, equazioni 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. *5 ore*

Reazioni opposte, parallele, consecutive, approssimazione dello stato stazionario; meccanismi di reazione, stadio determinante la velocità. *3 ore*

Dipendenza dalla temperatura della velocità di reazione. 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. *4 ore*

Catalisi omogenea: catalisi acido-base e catalisi enzimatica. Catalisi eterogenea: adsorbimento, meccanismo di Langmuir-Hinshelwood. *3 ore*

Reazioni a catena, esplosioni, polimerizzazioni, reazioni fotoindotte. *1 ora*

*Laboratorio + relazione (3 crediti)*

Illustrazione delle esperienze di laboratorio. Esperienze di cinetica chimica e di termodinamica, trattamento dei dati sperimentali, 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*

Prof. Vorne Luigi Gianelle

*Introduzione*

- Atmosfera, idrosfera, litosfera, biosfera.
- Ciclo dell'acqua, ciclo del carbonio, ciclo dell'ossigeno, ciclo dell'azoto

*ATMOSFERA*

- Struttura dell'atmosfera (troposfera, stratosfera, profili di Temperatura e Pressione, Strato di rimescolamento, trasporto orizzontale in scala globale, regionale e locale)
- Ozono stratosferico (CFC, HCFC, HFC)

*Chimica della troposfera*

- NO<sub>x</sub>, metano, SO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>
- Ozono, radicale ossidrilico, radicale nitrato
- Composti Organici Volatili (Chimica troposferica degli alcani, alcheni, idrocarburi aromatici monociclici, Carbonili, Perossialchilnitrati.
- Smog fotochimico (Eventi storici: Meuse Valley 1930, Donora 1948, Londra 1952, Los Angeles anni '50).

*Particolato troposferico*

- Distribuzione dimensionale
- Definizioni delle frazioni del particolato (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>, ecc.)
- Particolato di origine primaria e secondaria
- Composizione chimica del particolato (elementi, ioni, frazione organica)
- Radionuclidi

*Aspetti legislativi*

- Legislazione Nazionale ed Europea vigente (limiti di concentrazione, limiti di esposizione, metodi di misura)
- Evoluzione storica

*ACQUA*

- Acidità, alcalinità, specie ioniche, reazioni di ossido-riduzione, processi di complessazione.

*Inquinamento delle acque*

- Inquinanti inorganici (Metalli pesanti, Metalloidi, specie inorganiche)
- Inquinanti organici (tensioattivi, pesticidi, solventi, grassi ed olii, plastificanti, bifenili policlorurati)
- Composti organometallici
- Complessanti dei metalli
- Radionuclidi

*Trattamento delle acque*

- Trattamento dell'acqua per uso domestico (cloro, ozono, biossido di cloro, carboni attivi, filtrazione)
- Trattamento dell'acqua per uso industriale (filtrazione, resine scambiatrici di ioni, uso di agenti chelanti, riciclo)
- Trattamento delle acque di scarico urbane e industriali (filtrazione, trattamento biologico, fanghi di depurazione, smaltimento e riciclo, ozono)

*Aspetti legislativi*

- La Legislazione Nazionale (metodiche analitiche e di campionamento, limiti di concentrazioni)
- La Legislazione Europea

**PROPRIETÀ E CHIMICA DEL SUOLO**

- Natura del suolo
- Chimica del suolo (reazioni acido-base, reazioni di ossidoriduzione, reazioni di scambio ionico)
- Composti organici nel suolo
- Fertilizzanti sintetici del suolo
- Inquinanti del suolo
- Rifiuti

*Aspetti legislativi*

- Normativa Nazionale sui rifiuti
- Normativa Europea

Ogni argomento del corso prevede casi di studio con esempi illustrativi e problemi con risoluzione.

Libri consigliati:

- Stanley E. Manahan, *Chimica dell'ambiente*. Ed. Piccin
- Bruno Rindone, *Introduzione alla chimica ambientale*. Ed. Città Studi
- R.P. Schwarzenbach, P.M. Gschwend, D.M. Imboden. *Environmental Organic Chemistry, Illustrative examples, problems and case studies*. Ed. Wiley & Sons.

**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 Emanuela Licandro (I modulo), Prof. Stefano Maiorana (II modulo); Dott. Maurizio Benaglia (III modulo).

-lezioni in aula ed esperimenti in laboratorio.

-2<sup>nd</sup> semestre

-fondamentale

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

-esame orale

#### Modulo I (Emanuela Licandro)

Saranno trattate le classi di composti amminoacidi e carboidrati con particolare attenzione agli aspetti applicativi sia per la sintesi sia per la reattività.



In particolare si esamineranno i principi base della struttura, sintesi e delle reazioni chimiche e biochimiche di amminoacidi, le strategie di sintesi di peptidi e loro struttura secondaria, terziaria e quaternaria. Cenni su peptidi biologicamente attivi e farmaci a struttura peptidica. Acidi nucleici. Struttura e replicazione del DNA. Biosintesi delle proteine.

Carboidrati. Nomenclatura, configurazioni e forme cicliche. Glicosidi. Disaccaridi e polisaccaridi. Cenni su glicoproteine e glicosidi ad attività biologica.

#### Modulo II (Stefano Maiorana)

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 modulo si articola in 8 ore di lezioni di preparazione al laboratorio e in 40 ore di esercitazioni pratiche a banco singolo, per un totale di 48 ore.

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, ai metodi di analisi e di purificazione dei prodotti, con riferimenti al problema della sicurezza nei laboratori chimici.

#### 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
- SINTESI DELLA SACCARINA
- CICLOADDIZIONE 1,3 DIPOLARE TRA UN ALCHENE E UN NITRILOSSIDO

#### Testi consigliati:

- F. A. Carey, *Organic Chemistry*, McGraw-Hill, New York, 2000
- T. Eicher, S. Hauptmann, *The Chemistry of Heterocycles*, Georg Thieme Verlag Stuttgart; New York, 1995.

### **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)*

Prof. Francesco 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.

Si vuole dare particolare rilievo all'identificazione dei più importanti gruppi funzionali (spettroscopia UVe IR) ed alla caratterizzazione di intorni molecolari significativi (NMR e MS).

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

Spettro elettromagnetico 2 ore Descrizione dello spettro elettromagnetico e legge di Plank

La spettroscopia elettronica 2 ore

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

La spettroscopia rotovibrazionale 5 ore

Cenni sulle vibrazioni molecolari. Acquisizione di spettri infrarosso dei principali gruppi funzionali di composti organici.

La risonanza magnetica nucleare 14 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 ed analisi dei dati spettrali. Descrizione delle principali sequenze monodimensionali.

La massa 5 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 4 ore

## **TERZO ANNO**

### **TECNOLOGIE INDUSTRIALI DI DISINQUINAMENTO**

*Crediti didattici 7*

Il corso sarà attivato nel prossimo anno accademico

### **ELEMENTI DI IMPIANTI CHIMICI**

*Crediti didattici 5*

Il corso sarà attivato nel prossimo anno accademico

### **CHIMICA FINE E MACROMOLECOLARE**

*Crediti didattici 7 (due moduli da 3.5 crediti)*

Il corso sarà attivato nel prossimo anno accademico

### **CONTROLLO QUALITÀ E CERTIFICAZIONE**

*Crediti didattici 6*

Il corso sarà attivato nel prossimo anno accademico

### **PROPRIETÀ INDUSTRIALE**

*Crediti didattici 3*

Il corso sarà attivato nel prossimo anno accademico

## CORSI OPZIONALI

### **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.

### **ELEMENTI DI CHEMIOMETRIA**

*Crediti didattici 4*

Prof. Gianfranco Tantardini

*Introduzione* – Obiettivi, metodi e applicazioni della chemiometria. Precisione e accuratezza di una misura, bias, ripetibilità e riproducibilità, variabili casuali, funzioni di probabilità e di distribuzione. Parametri statistici elementari. Ipotesi statistiche, test statistici parametrici e non parametrici, livello di significatività, errori di 1° e 2° tipo. Confronto tra due metodi di misura. (8 ore)

*Analisi della varianza* – Confronti multipli. ANOVA a un fattore, modello lineare. Modello a effetti fissi e a effetti casuali. ANOVA a due fattori con e senza replicazioni. Regressione con la retta. ANOVA della regressione lineare e test di significatività. (8 ore)

*Analisi di regressione* – Regressione lineare e non lineare. Regressione polinomiale. Regressione multipla. Regressione polinomiale stepwise. (4 ore)

*Analisi di correlazione* – Matrice di covarianza. Coefficiente di correlazione. Matrice di correlazione. Analisi di serie storiche, autocorrelazione e autoregressione. ((3 ore)

*Superfici di risposta* – Modelli meccanicistici e modelli empirici. Superfici di risposta a un fattore, a due fattori con e senza interazione. Disegni fattoriali. (3 ore)

*Analisi multivariata* – Strutture di dati multivariati. Metodi per l'esplorazione dei dati. Metodi grafici. Analisi delle componenti principali, obiettivi e criteri. (5 ore)

*Cluster analysis* – Misure di similarità. Metodi gerarchici e non gerarchici. (1 ora)

Testo consigliato  
appunti di lezione

## **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.

## **TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE AMBIENTALI**

*Crediti didattici 4*

Prof.ssa Sandra Rondinini

Il corso è impostato in modo di fornire allo studente 24 ore di lezioni frontali (3 crediti) e 16 ore di esercitazioni pratiche e/o numeriche (1 credito), cos' articolate (tra parentesi vengono fornite le [ore frontali] + [ore di esercitazione]):

1. Tecnologie elettrochimiche per il disinquinamento: degradazione di inquinanti e microinquinanti organici, rimozione di inquinanti inorganici, riduzione e condizionamento degli scarichi (10+4)
2. Tecnologie elettrochimiche per il recupero e riciclaggio di materiali e la trasformazione dei residui industriali (10+4)
3. Processi elettrochimici puliti per l'industria nei settori della produzione di energia, chimica fine, chimica farmaceutica, industria agro-alimentare, ecc. (10+4)
4. Tecnologie elettrochimiche applicate ai monitoraggi ambientali (4 + 4)

## **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

**Tutti i restanti opzionali saranno attivati nel prossimo anno accademico.**

**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	Roberto Bonetti
Chimica Analitica con laboratorio	Paola Fermo
Chimica Elettroanalitica con laboratorio	Torquato Mussini
Chimica Organica	Cesare Gennari
Laboratorio Chimica Organica	Rita Annunziata
Prova lingua inglese	
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	Luigi Vorne Gianelle
Controllo Ambientale	Anna Bortoluzzi
Comp. Organici di Interesse Industriale con lab. (I e II modulo)	Emanuela Licandro Stefano Maiorana Maurizio Benaglia
Chimica Biologica e Biotecnologie	Renata Zippel
Analisi chimica Strumentale	Francesco Cariati
Analisi di Strutture Molecolari	Rita Annunziata
Tecnologie Industriali di Disinquinamento	Sandra Rondinini
Chimica Analitica (applicata ai Beni Culturali)	Silvia Bruni
Elementi di Chemiometria	Gianfranco Tantardini
Sostanze Naturali e Applicazioni Industriali	Bruno Danieli
Tecnologie Elettrochimiche Ambientali	Sandra Rondinini
Materiali Strutturali per l'Industria Chimica	Giuseppe Faita

## 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. 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



Orario ricevimento docenti

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 COI
DEL BUTTERO PAOLA	Lunedì	9-12	1° p.- Dip.to COI
DESTRO RICCARDO	Lunedì - Mercoledì - Venerdì	9,30-10,30	Dip.to CFE p.t.
DI SILVESTRO Giuseppe	Lunedì	14.00/15.30	Dip.to COI
	Martedì	14.00/15.30	
FAITA Giuseppe	Martedì	10.30/12.30	Dip.to CFE
	Giovedì	10.30/12.30	
FAZIO MICHELANGELO	Lunedì	12,30-13,30	Dip.to Fisica
FERRARI MARINELLA	Giovedì - Venerdì	12,30-14,30 9-10	Dip. 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 Giovedì	14-16 15-16	Dip.to CIMA - p.t.
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

Orario ricevimento docenti

		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	
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	

Orario ricevimento docenti

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. COI
	Martedì (2 semestre)	15,30-18,30	
ZANDERIGHI GIOVANNI	Mercoledì	11-13	Dip.to CIMA
	Giovedì	11-12	