

# Corso di Laurea specialistica in CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI

---

*Presidente: Prof. Gianni Cardini*

*Dipartimento di Chimica*

*Via della Lastruccia 3*

*50019- Sesto Fiorentino (FI)*

*Telefono 055-4573072*

*Fax 055-4573077*

*E-mail: [CDL-CHIM@unifi.it](mailto:CDL-CHIM@unifi.it)*

*<http://www.unifi.it/clchim>*

---

La Laurea specialistica in Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali ha l'obiettivo di creare una figura di elevata professionalità nel campo ambientale e della tutela del patrimonio artistico. Il laureato che seguirà questo percorso formativo non solo possiederà la conoscenza della strumentazione al più alto livello di innovazione tecnologica oggi disponibile nel campo delle analisi chimiche, ma maturerà anche l'esperienza e la cultura necessarie per affrontare le problematiche ambientali nella loro globalità. Questo bagaglio culturale permetterà la comprensione dei complessi processi correlati alla emissione, distribuzione ed effetti sulla salute e sull'ambiente di sostanze xenobiotiche e naturali, darà le conoscenze per una corretta valutazione dell'impatto ambientale di attività antropiche e fornirà le necessarie basi per studi di modellizzazione delle interazioni con gli ecosistemi ed il clima. In tale ambito, la Laurea specialistica in Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali offre ampie prospettive di impiego.

Il Corso ha la durata normale di 2 anni ed è strutturato in semestri. L'attività normale dello studente corrisponde al conseguimento di 60 crediti all'anno. Lo studente che abbia comunque ottenuto 120 crediti (+180 della laurea triennale), adempiendo a tutto quanto previsto dalla struttura didattica, può conseguire il titolo anche prima della scadenza biennale.

## **Articolazione del Corso di Laurea**

La didattica del Corso di Laurea in Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali è articolata in semestri per ciascun anno di corso.

Nell'A.A. 2006/2007, le lezioni del I semestre avranno inizio il 2 Ottobre 2006 e avranno termine entro il 26 Gennaio 2007; le lezioni del II semestre avranno inizio il 5 Marzo 2007 e avranno termine entro il 22 Giugno 2007.

L'organizzazione del Corso di Laurea in Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali in semestri e la suddivisione dei Crediti Formativi Universitari per tipologia di attività formativa è riportata nella tabella che segue.

### **Tabella. Articolazione del Corso di Laurea**

<b>Laurea specialistica in CHIMICA DELL'AMBIENTE</b>	<b>Attività *</b>	<b>CFU **</b>
<b>I ANNO</b>		
<b>I semestre</b>		
Chimica analitica ambientale I + laboratorio	b	6
Chimica inorg. dell'ambiente e dei beni culturali	b	6
Chimica organica	b	6
Chimica per i beni culturali	b	6
<b>II semestre</b>		
Chimica dei processi di biodegradazione	b	6
Chimica industriale II + laboratorio	b	6
Metod. chim. fis per l'ambiente e i beni cult.	b	6
Chimica analitica ambientale II +laboratorio	b	6
Scelta dello studente	d*	12
	<b>Totale</b>	<b>60</b>
<b>II ANNO</b>		
<b>I semestre</b>		
Chimica dell'ambiente	b	6
Chimica industriale III	b	3
Complementi di chimica fisica	b	3
Diritto del lavoro	c	3
Tirocinio	f	6
Scelta dello studente	d*	6
Mineralogia per l'ambiente e i beni culturali	c	3
<b>II semestre</b>		
Tesi	e	30
	<b>Totale</b>	<b>60</b>
<b>Totale generale</b>		<b>120</b>

\* 1 CFU (Credito Formativo Universitario) corrisponde a 9 ore di lezione ovvero a 15 ore di esercitazioni e/o laboratorio.

\*\* b) attività formative caratterizzanti; c) attività formative affini o integrative; d) attività formative a scelta

dello studente; e) attività formative per la prova finale e lingua straniera; f) attività formative volte ad acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, abilità informatiche o altro.

\*\*\* i corsi di tipologia d possono essere frequentati indifferentemente nel I o nel II semestre

### ***Attività formative a scelta dello studente: attività d) n. 18 CFU.***

Queste attività offriranno allo studente la possibilità di approfondire tematiche di carattere professionalizzante. La scelta dei corsi comporta la presentazione di un Piano di Studio, secondo modalità indicate in un successivo paragrafo, che dovrà essere valutato dalla struttura didattica. Almeno 12 dei CFU previsti per questa tipologia dovranno essere relativi a corsi proposti dal Corso di laurea (**Tabella II**). Se la scelta viene fatta totalmente (18 CFU) all'interno della serie di corsi proposti dal Corso di laurea l'approvazione del piano di studio sarà automatica.

### ***Prova finale: attività e) n. 30 CFU.***

La prova finale per il conseguimento della laurea specialistica prevede 30 CFU da conseguirsi nell'ambito delle attività biennali. Le attività formative relative alla preparazione della prova finale consistono in un periodo di internato da svolgere presso laboratori dipartimentali, pubblici o privati, sotto la guida di un relatore universitario e di uno o più correlatori.

Per ottenere il titolo di Laureato magistrale è previsto un esame finale consistente nella discussione di un elaborato originale su attività di ricerca sperimentale o teorica di carattere innovativo nel campo delle scienze chimiche. La valutazione finale è espressa in centodecimi e comprende una valutazione globale del curriculum del laureando. Agli studenti che raggiungono il voto di laurea di 110 punti può essere attribuita la lode con voto unanime della Commissione.

Per accedere alla prova finale si deve aver acquisito almeno 96 crediti.

### ***Altre attività: attività f), n. 6 CFU.***

6 CFU sono riservati ad attività di ricerca nei laboratori universitari o ad attività di tirocinio formativo presso laboratori universitari o industrie, enti pubblici e privati convenzionati con l'Università i cui nominativi saranno forniti dalla struttura didattica.

### ***Modalità di presentazione dei Piani di studio.***

La presentazione dei Piani di Studio avviene all'inizio del I anno di corso. Nel Piano di studio verranno indicati, oltre ai corsi obbligatori riportati nel Manifesto degli Studi, le attività formative a scelta dello studente e le attività di tirocinio. La presentazione del Piano di studio avviene entro il 31 ottobre. Modifiche al Piano di studio possono comunque essere presentate all'inizio del II anno di corso.

L'approvazione è automatica qualora il piano non si discosti dalle indicazioni del Manifesto degli Studi. In caso contrario il Piano presentato sarà valutato dalla struttura didattica competente che

prenderà una decisione entro trenta giorni dal termine di scadenza per la presentazione. Il Consiglio della struttura didattica o altro organo competente, concorda con lo studente eventuali modifiche.

### ***Servizi di tutorato attivi***

I componenti della Commissione didattica (<http://www.unifi.it/clchim>) saranno a disposizione, in orari prefissati e secondo le proprie competenze didattico/scientifiche, per rispondere a quesiti posti dagli studenti in merito al contenuto dei corsi e per risolvere eventuali problemi connessi all'organizzazione degli studi. Saranno incoraggiate anche forme di tutorato che facciano uso di mezzi telematici: mezzi informatici e ausili per la didattica a distanza.

### ***Criteri generali per il riconoscimento di crediti***

Il Consiglio di Corso di Laurea effettua i riconoscimenti applicando i seguenti criteri:

- In caso di provenienza da corsi della stessa classe, i crediti acquisiti in corsi di denominazione identica o analoga, appartenenti allo stesso settore disciplinare e alla stessa tipologia di attività formativa, vengono riconosciuti fino a concorrenza del numero dei crediti previsti dal corso di destinazione. Per integrare eventuali carenze di crediti il Consiglio del Corso di Laurea individuerà, valutando caso per caso, le attività più opportune;
- In caso di provenienza da corsi di classi diverse, il Consiglio del Corso di Laurea valuterà la congruità dei settori disciplinari e i contenuti dei corsi in cui lo studente ha maturato i crediti.
- Per quanto riguarda il riconoscimento di conoscenze ed abilità professionali o di attività formative non corrispondenti a insegnamenti, e per le quali non sia previsto il riferimento a un settore disciplinare, il Consiglio del Corso di Laurea valuterà caso per caso il contenuto delle attività formative e delle conoscenze ed abilità professionali e la loro coerenza con gli obiettivi del corso.
- Riconoscimento di periodi di studio all'estero

In conformità a quanto stabilito nel Regolamento Didattico di Ateneo, gli studenti possono svolgere parte dei propri studi presso Università estere.

La condizione ufficiale per il riconoscimento del programma di studi effettuato all'estero è una delibera del Consiglio di Corso di Laurea, formulata sulla base di una documentazione che sia in grado di comprovare le caratteristiche dell'insegnamento proposto (crediti didattici, numero di ore di lezione e di esercitazione, materiale didattico e quant'altro).

Le tipologie del riconoscimento sono:

- riconoscimento della frequenza;
- riconoscimento del credito o, comunque, della verifica di profitto;

- riconoscimento del periodo di preparazione della prova finale per il conseguimento del titolo di studio;
- riconoscimento del tirocinio e delle altre attività formative.

Le conversioni dei voti, secondo il sistema italiano, sono effettuate sulla base di Tabelle proposte dal Consiglio di Corso di Laurea.

Lo studente ammesso a trascorrere un periodo di studio all'estero è tenuto ad indicare nel proprio *learning agreement* le attività formative che intende frequentare presso Università straniere. Tale documento deve essere approvato dal Consiglio di Corso di Laurea. Al termine del periodo di permanenza all'estero, sulla base della certificazione esibita, il Consiglio di Corso di Laurea delibera il riconoscimento delle attività formative svolte all'estero, i relativi crediti e le valutazioni di profitto riferendole ai settori scientifico-disciplinari del corso di studio.

### ***Obblighi di frequenza.***

La frequenza a tutti i corsi è altamente consigliata per un rapido e proficuo apprendimento delle materie insegnate.

Per i corsi di laboratorio la firma di frequenza verrà conseguita dagli studenti che avranno frequentato almeno i 3/4 delle ore di laboratorio.

Il Responsabile del corso effettua gli accertamenti e comunica l'elenco degli effettivi frequentanti al Presidente del Consiglio di Corso di Laurea. Se lo studente non ottiene l'attestazione di frequenza ad uno o più corsi, ha l'obbligo di frequentare nell'anno successivo i corsi dei quali non ha ottenuto la firma di frequenza.

L'obbligo di frequenza è richiesto anche per le attività di tipo f) e la frequenza sarà certificata dal responsabile del corso o dal tutore nel caso di attività di tirocinio.

### ***Studenti impegnati in attività lavorative.***

Il Consiglio di Corso di Laurea potrà prevedere attività di sostegno per gli studenti impegnati in attività lavorative e si farà carico della loro organizzazione.

### ***Modalità di svolgimento degli esami e altre forme di attribuzione dei crediti.***

Lo studente acquisisce i crediti previsti per ogni corso di insegnamento con il superamento della prova di esame. In alcuni corsi, per semplificare la prova di esame, sono previste verifiche in itinere.

Ogni esame del Corso di Laurea in Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali darà luogo ad una valutazione finale in trentesimi e alla acquisizione dei relativi crediti.

Gli esami ed i colloqui vengono effettuati:

- durante la pausa fra i due semestri (per l'A.A. 2005/2006: dal 28 gennaio 2006 al 5 marzo 2006)
- alla fine del II semestre (per l'A.A. 2005/2006: dal 24 giugno al 31 luglio 2006). È facoltà del singolo docente estendere la sessione a tutto il mese di agosto.
- prima dell'inizio dei corsi dell'A.A. successivo (per l'A.A. 2005/2006: dal 1 settembre al 30 settembre 2006).
- Sono previste inoltre sessioni straordinarie di esame, nel mese di aprile e di novembre. Lo svolgimento di tali sessioni sarà regolamentato dal Corso di Laurea.
- Per le attività di tirocinio viene certificato l'avvenuto superamento della prova con un giudizio di idoneità.

### **Sessioni di tesi di Laurea**

26 Giugno 2006; 20 Luglio 2006; 18 Settembre 2006; 23 Ottobre 2006; 4 Dicembre 2006; 26 Febbraio 2007; 23 Aprile 2007.

## **Servizi alla didattica**

La didattica del Corso di Laurea specialistica in Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali si svolgerà presso il nuovo Polo Scientifico di Sesto Fiorentino dell'Università di Firenze.

Il Polo Scientifico di Sesto è collegato con il centro di Firenze (p.zza S. Marco, Stazione SMN), con le Stazioni di Sesto Fiorentino (Centrale e Zambra), con il centro di Prato. Inoltre sono attivi collegamenti con linee ad elevata frequenza quali 2, 18, 28, 29 e 30. Percorsi e orari potranno essere trovati sulle pagine web: <http://www.polosci.unifi.it>, <http://www.ataf.net>, <http://www.capautolinee.it>, <http://www.trenitalia.it>.

Il Polo Scientifico è dotato di un servizio mensa (presso il "Faculty Club") e di un impianto sportivo (campo da basket, calcio, calcio a cinque, pallavolo, tennis, rugby e palestra, per informazioni <http://www.cus.firenze.it>).

Il Centro Linguistico di Ateneo organizza periodicamente presso il Polo Scientifico corsi di lingua inglese di livello elementare e avanzato (per informazioni <http://www.cla.unifi.it>).

### **Aule**

Presso il Polo Scientifico di Sesto Fiorentino, via Gilberto Bernardini, 6 (Blocco Aule), via della Lastruccia, 3 (Dipartimento di Chimica), via della Lastruccia, 13 (Dipartimento di Chimica Organica).

### **Laboratori**

Presso il Polo Scientifico di Sesto Fiorentino:

Dipartimento di Chimica, via della Lastruccia, 3

Dipartimento di Chimica Organica, via della Lastruccia, 13

Dipartimento di Fisica, via Sansone, 1.

### ***Biblioteca di Chimica***

La Biblioteca di Chimica si trova in via Gilberto Bernardini 6, presso il Polo Scientifico di Sesto Fiorentino. Sono a disposizione degli studenti alcuni terminali per ricerche di tipo bibliografico.

### ***Dipartimenti***

Le strutture dei Dipartimenti sono a disposizione degli studenti del CdL in Chimica e sono di fondamentale ausilio alle attività didattiche del CdL. Presso queste strutture i docenti sono a disposizione degli studenti per gli orari di ricevimento e per dimostrazioni e esercitazioni su apparecchiature di ricerca:

Dipartimento di Chimica, via della Lastruccia, 3; Dipartimento di Chimica Organica, via della Lastruccia 13.

### ***Aula Computer***

Il Corso di Laurea mette a disposizione degli studenti che intendono svolgere attività didattiche autonome, ricerche in internet, posta elettronica, mezzi informatici adeguati in un'aula computer presso il Blocco aule, via Gilberto Bernardini, 6.

L'uso dei computer e' gratuito e sotto la sorveglianza di studenti incaricati dal responsabile della struttura.

### ***Programmi Erasmus e Socrates***

Gli studenti che intendono trascorrere un periodo di studio all'estero nell'ambito del programma Erasmus/Socrates dovranno sottoporre il piano di studi al CdL prima di partire. Il responsabile per la Chimica del programma Erasmus/Socrates è il Prof. Stefano Chimichi del Dipartimento di Chimica Organica (tel. 055-4573537; Fax. 055-4573568; e-mail [stefano.chimichi@unifi.it](mailto:stefano.chimichi@unifi.it)).

### ***Spazio studenti***

Nel nuovo Polo Scientifico di Sesto Fiorentino sono predisposti ampi spazi di studio a disposizione degli studenti presso il Blocco aule e il Dipartimento di Chimica.

Il Collettivo Studentesco del Corso di Laurea in Chimica ha un suo sito <http://www.studentidisinistra.eu.org> e un indirizzo e-mail: [collchimica@mail.ru](mailto:collchimica@mail.ru).

La lista studentesca Variabile Indipendente L.A. ha un suo sito <http://www.listaperta.it>. e un indirizzo e-mail: [alessandra\\_matteucci@libero.it](mailto:alessandra_matteucci@libero.it).

## Corsi attivati e docenti

**Tabella II. Corsi attivati e docenti**

I ANNO

Corso	CFU	Sem.	Docente
Chimica analitica ambientale I + laboratorio	6	I	R. Udisti (mod. A) M. Innocenti (mod. B)
Chimica inorganica dell'ambiente e dei beni culturali	6	I	B. Valtancoli (mod. A) Andrea Bencini (mod. B)
Chimica organica	6	I	F. Cordero
Chimica per i beni culturali	6	I	G. Caminati (mod. A) L. Dei (mod. B)
Chimica analitica ambientale II +laboratorio	6	II	A. Cincinelli
Chimica dei processi di biodegradazione	6	II	A. Rosato
Chimica industriale II + laboratorio	6	II	L. Rosi (mod. A) M. Frediani (mod. B)
Metodologie chimico fisici per l'ambiente e i beni culturali	6	II	M. Becucci (mod. A) P. Lo Nostro (mod. B)

II ANNO

Corso	CFU	Sem.	Docente
Chimica dell'ambiente	6	I	L. Lepri
Chimica industriale III	3	I	A. Salvini
Complementi di chimica fisica	3	I	M. L. Foresti
Diritto del lavoro	3	I	
Mineralogia per l'ambiente e i beni culturali	3	I	M. Benvenuti

**Tabella III. Corsi a scelta dello studente. (tipologia d)**

Corso	Sem.	CFU	Docente
Basi teoriche della chimica	I	6	N. Neto
Chemiometria	II	6	M. Del Bubba
Chimica analitica clinica	II	6	M. Minunni
Chimica analitica inquinanti	II	6	I. Palchetti
Chimica analitica strumentale	I	6	R. Udisti
Chimica biorganica applicata (mod. A)	I	3	E.G. Occhiato
Chimica biorganica applicata (mod. B)	I	3	G. Menchi
Chimica dei composti di coordinazione	II	6	C. Giorgi
Chimica dei composti eterociclici	II	6	S. Marcaccini
Chimica dei composti organometallici	I	6	A. Goti
Chimica delle macromolecole	II	6	P. Frediani
Chimica elettroanalitica	II	6	G. Pezzatini
Chim. e tecn. degli adesivi e delle sostanze filmogene	II	3	A. Salvini
Chimica fisica biologica	II	3	M. Romanelli
Chimica fisica dei materiali	I	6	U. Bardi
Chimica fisica sistemi dispersi e interfas	I	6	P. Baglioni
Chimica fisica stato solido e superfici	II	6	G. Cardini
Chimica fisica organica	II	6	L. Angeloni
Chimica supramolecolare	I	6	A. Bianchi
Chimica teorica	I	6	P. Procacci
Cinetica chimica dinamica molecolare: fondamenti	I	3	E.M. Castellucci
Cinetica chimica dinamica molecolare: metodi avanzati	I	3	G. Pietraperzia
Dinamica chimica: metodi sperimentali	I	3	V. Schettino (coord.)
Dinamica chimica: metodi teorico computazionali	I	3	V. Schettino (coord.)
Elettrochimica	I	6	M.L. Foresti

Genomica strutturale inorganica	II	6	L. Banci I. Felli
Laboratorio di chimica biorganica	II	3	A. M. Papini
Laboratorio di sintesi delle sostanze naturali	II	3	F. Cardona
Materiali polimerici per l'industria e l'ambiente	I	3	M. Frediani
Metodi fisici chimica inorganica	II	6	I. Felli
Metodi fisici in chim. org.	II	3	S. Chimichi
Metodi fisici in chim. org. (tecniche avanzate)	II	3	S. Chimichi
Metodi matematici avanzati per la chimica	II	3	E. Comparini
Metodologie di sintesi in chim. org. (mod A)	I	3	F. Cordero
Metodologie di sintesi in chim. org. (mod B)	I	3	E. G. Occhiato
Mineralogia	II	6	
Proteine e metalloproteine come bersagli farmacologici	I	3	L. Banci
Saggi bioanalitici su matrici reali	II	3	G. Marrazza
Sensori e biosensori	II	3	M. Mascini
Sintesi e reattività dei complessi metallici (mod. A)	II	3	B. Valtancoli
Sintesi e reattività dei complessi metallici (mod. B)	II	3	Andrea Bencini
Sintesi delle sostanze naturali	I	3	S. Chimichi
Scienza dei metalli	I	6	S. Ceresara
Spettroscopia molecolare	II	6	R. Bini
Stereochimica (organica)	II	6	A. Guarna
Strutturistica chimica	II	6	C. Bazzicalupi
Termodinamica chimica	II	6	G. Taddei
Corsi tipologia d, opzionali, del corso di laurea in Chimica Applicata		6	
Corsi tipologia d, opzionali, del corso di laurea in Chimica Applicata		3	
Corsi tipologia b e c dei corsi di laurea in Chimica e in Chimica delle Molecole Biologiche		6	

Corsi tipologia b e c dei corsi di laurea in Chimica e in Chimica delle Molecole Biologiche		3
---	--	---

## **Argomenti dei corsi**

Brevi riassunti sulla natura e sui contenuti dei corsi attivati sono riportati di seguito. I programmi dettagliati possono essere ottenuti rivolgendosi ai singoli docenti.

### **Chimica analitica ambientale I + Laboratorio**

*Prof. Roberto Udisti (Dip. Chimica)*

*Dott. Massimo Innocenti (Dip. Chimica)*

Il corso vertera' sull'approfondimento di metodologie analitiche innovative per la determinazione di componenti inorganici (composizione ionica, metalli pesanti, speciazione) e sulla loro applicazione all'analisi di matrici ambientali reali. Il corso verra' sviluppato secondo le seguenti tematiche: 1 Campionamento di matrici reali – Significativita' di un campionamento. Tecniche di campionamento per componenti gassosi, liquidi e solidi. Campionamento di fasi disperse (emulsioni, aerosol). Conservazione del campione. Contenitori per campioni. Procedure per la riduzione della contaminazione durante il campionamento e da cessioni dai contenitori .2 Trattamento dei campioni – Sub-campionamento. Decontaminazione. Separazione selettiva degli analiti. Processi di eliminazione o riduzione della matrice. Estrazione. Mineralizzazione. Processi di pre-concentrazione. Controllo della contaminazione nelle fasi di trattamento del campione. Controllo dei bianchi. 3 Analisi chimica – Approfondimento di tecniche analitiche avanzate: Cromatografia Ionica (IC), Spettrofotometria di Assorbimento Atomico con Fornetto di Grafite (GFAAS), Spettrofotometria di Emissione atomica con plasma (ICP ottico), spettrometria di massa con atomizzazione al plasma (ICP-MS), sistemi di assorbimento atomico per generazione di idruri, sistemi di emissione per fluorescenza a raggi X (PIXE). Analisi di superfici: SEM-EDAX (Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Analyses of X ray) AFM (Atomic Force Microscopy).4 Valutazione delle caratteristiche di un metodo analitico. Riproducibilita', accuratezza, detection limit, sensibilita', selettivita'. Uso di campioni certificati. Partecipazione a circuiti di inter-calibrazione. Normative vigenti sui valori guida e sulle tecniche di analisi per campioni ambientali.

Attivita' di laboratorio: 1 Campionamenti di acqua di pioggia, neve, acque superficiali, aerosol e terreno in ambito regionale. 2Trattamento dei campioni raccolti. Mineralizzazione con sistemi a micro-onde. Estrazione degli analiti con bagno ad ultrasuoni. Purificazione del campione. 3 Analisi dei campioni raccolti per IC, GFAAS e ICP-MS. Ricostruzione della topografia superficiale di un filtro contenente aerosol atmosferico per AFM.4 Valutazione delle prestazioni analitiche dei metodi utilizzati attraverso la determinazione della riproducibilita', della sensibilita' e del detection limit. Relazione finale per l'analisi di campioni reali.

### **Chimica analitica ambientale II + Laboratorio**

*Dott.ssa. Alessandra Cincinelli (Dip. Chimica)*

1) Contaminanti organici e loro tossicologia 2) Analisi dei composti organici in matrici reali- Tecniche di campionamento per acqua, atmosfera, suolo e prodotti alimentari. conservazione e pretrattamento del campione. 3) Trattamento del campione-Procedure di estrazione (es.: liquido/liquido, liquido/solido, estrazione in fase solida (SPE), microestazione in fase solida

(SPME), accelerated solvent extraction (ASE). Concentrazione e clean-up. Separazione delle varie classi di contaminanti organici. 4) Analisi chimica- Cenni ai metodi di analisi chimica strumentale. Principi di cromatografia. Gas-cromatografia (GC), gas-cromatografia accoppiata con spettrometro di massa (GC-MS). Cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC) 5 )messa a punto del metodo analitico. Accuratezza del metodo. Materiali di riferimento, campioni certificati. Calibrazione.

Attività di laboratorio: 1) campionamento di acque superficiali, aerosol, aria, e terreno in ambito regionale 2) Trattamento dei campioni raccolti (matrici ambientali) e prodotti alimentari. Filtrazione. Estrazione degli analiti con bagno ad ultrasuoni, soxhlet ed estrattore liquido/liquido. Purificazione del campione 3) Analisi degli estratti organici mediante HPLC, GC, GC-MS, GC-MS-MS. 4) Elaborazione dei dati e relazione finale per l'analisi dei campioni reali

## **Chimica dei processi di biodegradazione**

*Prof. Antonio Rosato (Dip. Chimica)*

Il corso studia i processi di degradazione e recupero ambientale (biorimediazione, depurazione, etc.) mediati da microrganismi. In tali processi sono largamente coinvolti ioni metallici, che costituiscono i centri attivi delle proteine responsabili per i meccanismi molecolari che i microrganismi sfruttano ai fini del recupero. Il corso studierà i meccanismi e gli enzimi coinvolti dal punto di vista funzionale e strutturale. Si affronterà inoltre il problema dell'influenza della composizione dei rifiuti (p.es. presenza di metalli pesanti) sui possibili metodi di recupero. Saranno presentati casi studio.

## **Chimica dell'ambiente**

*Prof. Luciano Lepri (Dip.Chimica)*

Concetti fondamentali delle scienze ambientali. Flussi di materia ed energia. Dinamica delle popolazioni e modelli relativi. Cinetica enzimatica e batterica. Il ciclo del carbonio e l'effetto serra. Principi di inquinamento atmosferico e formazione dello smog. Legislazione in materia di inquinamento atmosferico. Ciclo dello zolfo, acidità ambientale e possibili effetti di degrado ambientale. Tossicità delle sostanze (TLV, ADI). I rifiuti solidi ed i problemi connessi al loro smaltimento. La legislazione in materia di rifiuti. Rischio ambientale e sua valutazione. Il ciclo dell'acqua. Acque naturali ed inquinamento chimico. La depurazione delle acque. La normativa in materia di tutela delle acque dall'inquinamento. I materiali di interesse artistico ed archeologico: lapidei, coloranti, vetrosi, ceramici, metallici, organici. Degrado e protezione dei beni culturali.

## **Chimica industriale II + Laboratorio**

*Dott. Luca Rosi (Dip. Chimica Organica)*

*Dott. Marco Frediani (Dip. Chimica Organica)*

Prodotti di ossidazione delle paraffine, delle cicloparaffine, dell'etilene (acetaldeide, ossido di etilene, cloruro di vinile, acetato di vinile), del propilene (ossido di propilene, acetone, acrilonitrile), dei buteni (anidride maleica) e degli idrocarburi aromatici (fenolo ed omologhi, acidi ftalici). Produzione di aldeidi per idroformilazione di olefine. Coloranti e pigmenti di interesse industriale.

Esercitazione di laboratorio: sintesi di un prodotto di interesse industriale. Sintesi da ossido di carbonio: produzione del metanolo. Produzione di alcoli per idratazione di olefine (etanolo, propan-2-olo, butanolo, butan-2-olo, 2-metilpropanolo) o con il processo Alfol (alcoli superiori). Sintesi del glicol etilenico e della glicerina. Sintesi di polietilene e polipropilene (catalizzatori Ziegler-Natta). Esercitazione di laboratorio: sintesi di un prodotto di interesse industriale.

### **Chimica industriale III**

*Prof.ssa. Antonella Salvini (Dip. Chimica Organica)*

I principi della catalisi omogenea, eterogenea o bifasica. Impatto ambientale dei processi catalitici: riduzione dell'uso di solventi e reagenti tossici. Applicazione della catalisi per l'abbattimento di emissioni nei processi industriali. Convertitori catalitici in sorgenti mobili (autoveicoli). Abbattimento catalitico di emissioni da sorgenti fisse. La catalisi nella sintesi di prodotti di importanza industriale. Selettività di un processo come metodo di riduzione delle sostanze di scarto. Composti organometallici come catalizzatori per processi selettivi: sintesi, caratterizzazione e reattività. Esempi di applicazioni industriali di reazioni catalitiche e loro studio: idrogenazioni, isomerizzazione, idroformilazione.

### **Chimica inorganica per l'ambiente e i beni culturali**

*Dott.ssa Barbara Valtancoli (Dip. Chimica)*

*prof. Andrea Bencini (Dip. Chimica)*

Chimica di metalli di rilevanza nei beni culturali. Applicazioni e problematiche di composti metallici come pigmenti minerali in tecniche pittoriche. Metalli a elevato impatto ambientale e loro chimica. Tossicità di ioni metallici e loro rimozione. Metodi di speciazione. Biospeciazione. Anioni inorganici a elevato impatto ambientale, metodi di rivelazione e rimozione. Aspetti inorganici in chimica verde. Messa a punto di processi industriali a basso impatto ambientale. Reazioni in condizioni supercritiche.

### **Chimica organica**

*Prof.ssa. Franca Cordero (Dip. Chimica Organica)*

Fattori che permettono il controllo della chemo-, regio- e stereoselettività nella formazione di legami C-C semplici e doppi, nelle reazioni di riduzione ed ossidazione, nelle addizioni a doppi legami C-C e C=O, nella formazione di composti ciclici e nelle reazioni di trasposizione. Gruppi protettori e reazioni di interconversione di gruppi funzionali.

### **Chimica per i beni culturali**

*Dott.ssa Gabriella Caminati (Dip. Chimica)*

*Prof. Luigi Dei (Dip. Chimica)*

Fondamenti della chimica per i beni culturali. Verrà sviluppata la teoria relativa agli argomenti inerenti alle esercitazioni del modulo B 'Laboratorio', ossia angoli di contatto e bagnabilità di superfici, materiali porosi e granulari, fenomeni capillari, pigmenti e coloranti, aspetti chimico-fisici delle tecniche pittoriche. Laboratorio. Verranno eseguite otto esperienze di laboratorio di quattro ore ciascuna (2 CFU): 1) Angoli di contatto e bagnabilità di superfici lapidee e metalliche 2) Profili di risalita capillare su materiali lapidei e metallici 3) Misure di permeabilità al vapor d'acqua di materiali porosi d'interesse artistico-architettonico 4) Analisi stratigrafiche di dipinti 5) Preparazione d'inchiostri da ricette antiche e caratterizzazione mediante spettroscopia UV/VIS 6) Morfologia di superfici pittoriche al SEM 7) Riconoscimento di pigmenti mediante spettroscopia EDX 8) Fluorescenza di coloranti usati in pittura.

## **Complementi di chimica fisica**

*Prof.ssa Maria Luisa Foresti (Dip. Chimica)*

Temi di elettrochimica ambientale e per il restauro. Preliminarmente verranno riepilogati i principi dell'elettrochimica. verranno affrontati da un punto di vista elettrochimico il problema della produzione e dell'immagazzinamento dell'energia, i principi e i metodi di prevenzione della corrosione e i metodi per l'abbattimento degli inquinanti

## **Diritto del lavoro**

### **Metodologie chimico fisiche per l'ambiente e i beni culturali**

*Dott. Maurizio Becucci (Dip. Chimica)*

*Dott. Pierandrea Lo Nostro (Dip. Chimica)*

Tecniche di monitoraggio e applicazione di metodologie spettroscopiche. L'opera d'arte e le tecniche di studio distruttive e non distruttive, tecniche per diagnostica in situ e ex situ. metodologie di indagine ottiche, tecniche di beam analysis, datazione isotopica, termoluminescenza, preparazione sezioni sottili. Esempi di indagine su: pigmenti, lacche, leganti, ceramiche, coloranti organici, prodotti di corrosione di metalli, metalli e leghe. Seminari e esercitazioni pratiche con le varie tecniche. Leggi fondamentali della fotochimica; parametri fotochimici; introduzione alla fotochimica dell'atmosfera. Struttura e dinamica dell'atmosfera. Reazioni fotochimiche nell'atmosfera: strato di ozono e smog fotochimico. Il clima e l'effetto serra. Termodinamica e chimica delle interfacce per l'ambiente e i beni culturali. Cenni ai fenomeni irreversibili. Meccanismi chimico-fisici di formazione degli aerosol e loro effetti sugli ecosistemi e sulle superfici dei beni culturali. Solubilizzazione, diffusione e trasporto di inquinanti. Interazioni coinvolte nei processi alle interfacce. Metodologie chimico-fisiche legate alla scienza dei materiali nell'ambito di tecniche di conservazione preventiva. Visite didattiche a centri per la salvaguardia ambientale, di monitoraggio del clima, ecc... (IATA, LAMMA, ARPAT,...).

## **Mineralogia per l'ambiente e i beni culturali**

*Prof. Marco Benvenuti (Dip. Scienze della terra)*

Metalli (aspetti generali). I minerali "metalliferi": definizione e cenni sui processi genetici. Lo sfruttamento dei minerali metalliferi. Barriera mineralogica. Cenni di sistematica su alcune classi di importanti minerali metalliferi: solfuri e solfosali; elementi nativi, ossidi ed idrossidi. Archeometallurgia: definizione. Disponibilità geologica e tecnologica dei metalli. Il processo metallurgico; la produzione antica di leghe (bronzi); archeometallurgia del rame, argento, piombo e ferro. Applicazioni della geochimica isotopica a studi di provenienza dei metalli. La Mineralogia ambientale. Case studies di ricerche di archeometallurgia. Meccanismi di alterazione esogena dei solfuri. Le discariche minerarie. Drenaggio acido di miniera (AMD). Bonifiche di aree minerarie inquinate. Valutazione dei rischi di AMD in aree minerarie (ABA tests). Asbesto: mineralogia, problematiche ambientali, metodi di determinazione. Case studies di ricerche di mineralogia ambientale. Il corso prevede anche un'escursione fuori sede in località di interesse archeometallurgico e geoambientale.

## **Argomenti dei corsi a scelta dello studente (tipologia d)**

Brevi riassunti sulla natura e sui contenuti dei corsi proposti dal corso di laurea da inserire a scelta dello studente nel piano di studio sono riportati di seguito. I programmi dettagliati possono essere ottenuti rivolgendosi ai singoli docenti.

### **Basi teoriche della chimica**

*Prof. Natale Neto (Dip. Chimica)*

Trasformazioni tra sistemi di coordinate rettilinee e curvilinee in uno spazio ad  $n$  dimensioni. Matrice associata ad una rotazione di un angolo finito, o infinitesimo, intorno ad un qualsiasi asse. Coordinate rotazionali in dinamica vibrazionale e molecolare, invece di angoli di Eulero o quaternioni. Matrice Jacobiana e matrice metrica, componenti fisiche di un vettore. Spazio diretto e spazio reciproco: dalla cristallografia ai momenti coniugati ai vettori ket e bra di Dirac. Introduzione all'algebra tensoriale, tensori cartesiani e non, elementi di superficie e volume. Divergenza di un vettore ed equazione di Schrödinger in coordinate generalizzate.

Consigliato per il triennio, a partire dal secondo anno

Dettagli alla pagina <http://srv.chim.unifi.it/~neto/>

### **Chemiometria**

*Dott. Massimo Del Bubba (Dip. Chimica)*

Introduzione al corso: il ruolo della chemiometria nel contesto scientifico. Breve richiamo di calcolo matriciale. L'analisi della varianza. La struttura multivariata dei dati (oggetti e variabili, categorie) ed il loro pretrattamento. L'analisi delle componenti principali: matrice dei *loadings* e matrice degli *scores* e loro rappresentazione grafica. Significatività delle componenti. L'analisi dei cluster (metodi gerarchici e non gerarchici). Il concetto di modello e di sua validazione. I metodi di regressione: i minimi quadrati, i metodi *step wise*, la regressione in componenti principali e il metodo PLS. Cenni ai descrittori QSAR. Esercitazioni al computer con il software PARVUS delle tecniche chemiometriche spiegate.

### **Chimica analitica clinica**

*Dr.ssa Maria Minunni (Dip. di Chimica)*

Analisi dei campioni clinici. Prelievo e conservazione. Deproteinizzazione. Separazione: controllo di qualità; controllo degli strumenti e delle soluzioni. Automazione. Profili biochimici.

Analisi dei gas nel sangue. Bilancio acido-base. Sensori a O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Bilancio Idrico. Elettrodi per ioni. Funzione gastrica e pancreatica: analisi. Glucosio e zuccheri nel sangue. Glicolisi. Biosensori. Pancreas artificiale. Funzioni epatiche. Analisi di proteine. Elettroforesi. Metabolismo del pigmento biliare. Funzionalità renale. Soglia renale. Analisi quantitative. Immunochimica. Anticorpi per la chimica clinica. Anticorpi monoclonali. Analisi immuno chimiche dirette. Surface Plasmon Resonance e sistemi nanogravimetrici. Diagnosi molecolare, reazione polimerasica a catena (PCR), tecniche di ibridazione di acidi nucleici, DNA chip.

### **Chimica analitica degli inquinanti**

*Dr.ssa Ilaria Palchetti (Dip. Chimica)*

Inquinamento Ambientale: generalità e definizioni. Campionamento e Pretrattamento del Campione. Analisi: metodi classici e strumentali, analisi in situ. Le acque in natura. Misure di qualità delle acque: Solidi sospesi, Conducibilità/Salinità, Durezza, Ossigeno Disciolto, BOD, COD, TOC, pH, Acidità, Alcalinità. Tecniche per l'analisi degli ioni comuni. Analisi dell'Ammoniaca, dei Fluoruri, dei Solfati, e dei Fosfati. Tecniche di analisi per gli inquinanti organici ed inorganici in tracce. Il suolo e la chimica del suolo. Quartatura di campioni, pretrattamento ed estrazione dell'analita. Determinazione degli inquinanti inorganici: composti a base di azoto, fosforo e zolfo, metalli pesanti. Determinazione degli inquinanti organici: pesticidi, IPA, PCB. L'atmosfera. Inquinamento globale e localizzato. Remote sensing. Smog fotochimico. Analizzatori per NO<sub>x</sub> ed NO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CO. Analisi di idrocarburi. Il particolato: concentrazione del particolato totale; composizione analitica; determinazione della distribuzione granulometrica.

### **Chimica analitica strumentale**

*Prof. Roberto Udisti (Dip. Chimica)*

Assorbimento Atomico: assorbimento, emissione e fluorescenza, fiamma, fornello, idruri. Sensibilità e interferenze. Voltammetria di ridissoluzione: anodica e catodica su elettrodo stazionario o ruotante. Sensibilità, speciazione e misura del potere complessante. Analisi in flusso: schemi di circuiti, sensibilità, applicazione a campioni reali. Cromatografia ionica: colonna, soppressore, rivelatori, risoluzione, selettività. Analisi di anioni e di cationi.

### **Chimica biorganica applicata**

*Dott. E. G. Occhiato (Dip. Chimica Organica)*

*Dott.ssa Gloria Menchi (Dip. Chimica Organica)*

Mod. A: Biotrasformazioni: impieghi e limitazioni. Selettività degli enzimi. Modelli di interpretazione. Classificazione degli enzimi. Enzimi idrolitici: meccanismo e campi di applicazione in chimica organica. Ossido-riduttasi: uso di enzimi isolati, uso di microrganismi, e di sistemi vegetali in chimica organica. Diossigenasi. Aldolasi, formazione di nuovi legami C-C. Bioriduzioni non convenzionali. Cellule artificiali. Anticorpi catalitici. Impiego di enzimi in liquidi ionici. Esempi di applicazioni alla sintesi organica.

Mod. B: Bioconiugazioni: modificazione di ammino acidi, peptidi, proteine, zuccheri, polisaccaridi, acidi nucleici e oligonucleotidi. Reagenti di bioconiugazione; omo- e etero-bifunionalizzazione. Marcatura con agenti fluorescenti; agenti chelanti e radioimmunoconiugazione; agenti di biotinilazione. Modificazioni e coniugazione di anticorpi. Sistemi avidina-biotina. Alcuni argomenti del corso saranno oggetto di esercitazioni pratiche di laboratorio.

## **Chimica dei composti di coordinazione**

*Dr.ssa Claudia Giorgi (Dip. Chimica)*

Lantanidi e attinidi: Presenza in natura, proprietà degli elementi, reattività, chimica di coordinazione. Uso dei loro complessi metallici in campo medico come farmaci antitumorali, come traccianti e come agenti di contrasto in tecniche diagnostiche (raggi X, nuclear imaging, MRI). Fotochimica: interazione luce-materia. Complessi dei lantanidi come dispositivi fotochimici; sensori e traccianti luminescenti. Cenni di radiochimica.

## **Chimica dei composti eterociclici**

*Dott. Stefano Marcaccini (Dip. di Chimica Organica)*

Nomenclatura degli eterocicli. Eterocicli aromatici e non-aromatici: struttura, reattività ed attività biologica. Strategie generali di sintesi: processi di ciclizzazione e cicloaddizione. Eterocicli penta- e esa-atomici: proprietà e applicazioni industriali. Gli eterocicli nella sintesi organica: funzionalità latenti e equivalenze sintetiche.

## **Chimica dei composti organometallici**

*Prof. Andrea Goti (Dip. di Chimica Organica)*

Generalità e tecniche di manipolazione di composti organometallici. Derivati organometallici polari: Li, Mg. Derivati del gruppo 12: Zn, Hg. La chimica dei derivati organometallici dei lantanidi. Derivati organometallici degli elementi di transizione: principi generali. Leganti organici. Principali tipi di reazione. Descrizione del legame M-C. Utilizzo come gruppi protettori ed attivanti. Reazioni con formazione di legami C-C. Reazioni di complessi  $\sigma$ -alchilici (Cu, Pd) e di complessi  $\pi$  di alcheni (Pd, Zr, Ti), alchini (Co), allili (Pd, Ni), areni (Cr). Reattività di metallo-carbeni (Cr, Fe, Ti, Ru, Mo). Metallo-carbeni di Fischer e di Schrock. La reazione di metatesi degli alcheni e reazioni correlate. Catalizzatori in fase omogenea ed eterogenea. Leganti chirali. Applicazioni in sintesi organica, in sintesi enantioselettive e in processi industriali.

## **Chimica delle macromolecole**

*Prof. Piero Frediani (Dip. di Chimica Organica)*

Introduzione alla chimica delle macromolecole. Classificazione e caratterizzazione delle macromolecole. Metodi per la sintesi delle macromolecole. Degradazione e stabilità delle macromolecole. Reazioni su matrici macromolecolari. Riciclo delle macromolecole. Metodi di lavorazione delle macromolecole. Principali macromolecole di interesse industriale: materie prime utilizzate per la sintesi, produzione e impieghi delle macromolecole. Elastomeri naturali e sintetici. Fibre naturali, artificiali e sintetiche. Macromolecole speciali di sintesi utilizzate nella conservazione del patrimonio culturale.

## **Chimica elettroanalitica**

*Prof. Giovanni Pezzatini (Dip. di Chimica)*

Richiami sui principi delle celle elettrochimiche all'equilibrio e in regime di corrente. Potenzimetria diretta con elettrodi selettivi a membrane di vetro, liquide, solide, gas-permeabili. Titolazioni potenziometriche. Titolatori automatici. Polarografia. Voltammetria con elettrodi solidi ruotanti o in condizioni idrodinamiche. Analisi di superfici elettrodiche mediante microscopia a forza atomica. Voltammetria a scansione non lineare. Voltammetria di ridissoluzione anodica e catodica. Applicazioni analitiche della voltammetria diretta. Ultramicroelettrodi ed elettrodi modificati. Titolazioni mono e biampometriche. Sensori amperometrici. Coulombometria a

potenziale controllato e a corrente costante. Applicazioni della coulombometria. Misure di conduttività a bassa e alta frequenza. Titolazioni conduttometriche. Elettromicrobilancia a cristallo di quarzo. Rivelatori elettrochimici in cromatografia.

## **Chimica e tecnologia degli adesivi e delle sostanze filmogene**

*Prof.ssa Antonella Salvini*

Sostanze filmogene e chimica delle macromolecolare. Adesione. Composizione chimica, proprietà chimiche e chimico fisiche degli adesivi. Classificazione degli adesivi. Adesivi per il legno. Adesivi nel restauro. Impatto ambientale nell'uso di adesivi. Emissioni di formaldeide. Sostanze filmogene in pittura: leganti e vernici. Classi di leganti organici. Composizione chimica, proprietà chimiche e chimico fisiche delle vernici. La verniciatura del legno. L'applicazione delle vernici: tecniche ed attrezzature nell'applicazione delle vernici. I prodotti vernicianti, le vernici al solvente, le vernici ad acqua, vernici UV. Impatto ambientale nell'uso di vernici. Aspetti legislativi.

Corso a scelta dello studente per le magistrali o nel terzo anno delle lauree triennali

## **Chimica fisica biologica**

*Prof. M. Romanelli (Dip. di Chimica)*

1 Richiami sulle macromolecole biologiche: 1.1 Proteine: amminoacidi, peptidi, legame peptidico. Struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria 1.2 Acidi nucleici: basi, nucleosidi, nucleotidi. Accoppiamento di basi e doppia elica. 2 Tecniche spettroscopiche: 2.1 Gli stati: orbitali molecolari, modi di vibrazione, stati di spin 2.2 Transizioni: condizione di risonanza, momento della transizione, regole di selezione 2.3 Assorbimento ed emissione 2.4 Spettroscopia elettronica: UV-Vis, Fluorescenza 2.5 Spettroscopia vibrazionale: IR, Raman 2.6 Spettroscopia di Risonanza Paramagnetica Elettronica (EPR).3 Applicazioni:3.1 UV-Vis: cromofori; studi strutturali di proteine ed acidi nucleici 3.2 IR –Raman: assorbimenti caratteristici; studi su configurazione e legami inter- ed intra- molecolari 3.3 EPR: spin-labels e moti nelle membrane; condizioni di moto veloce e moto lento; i parametri d'ordine 3.4 EPR pulsato: l'intorno di centri paramagnetici nelle macromolecole.

## **Chimica fisica dei materiali**

*Prof. Ugo Bardi (Dip. di Chimica)*

Teoria dell'elasticità dei solidi. Proprietà meccaniche e legame chimico. Difetti reticolari e dislocazioni. Proprietà meccaniche ed elastiche di materiali ceramici, polimerici e metallici. Bande elettroniche nei solidi. Proprietà dei semiconduttori. Giunzioni. Transistor e altri dispositivi a stato solido. Materiali a risposta non lineare o "intelligenti". Leghe a memoria di forma. Materiali a bassa dimensionalità. Film sottili. Quantum wells, quantum dots e quantum wires. Dispositivi mesoscopici per trattamento e stoccaggio dell'informazione. Dispositivi monoelettronici a tunneling. Gates ad accoppiamento di carica e di spin. Cenni sul computing quantico.

## **Chimica fisica dei sistemi dispersi e delle interfaci**

*Prof. Piero Baglioni (Dip. di Chimica)*

Relazione tra energia e superficie per un sistema a grande interfase. Determinazione della dimensione e della forma di nanoparticelle. Frattali e dimensionalità frattalica. Metodi sperimentali per la determinazione della dimensione e/o della forma (classici, microscopie, diffusione di luce, neutroni, raggi X). Termodinamica e reologia delle soluzioni. Interazioni in soluzioni colloidali. Colloidi associativi. Micelle. Sistemi a bistrato. Polimeri nei sistemi colloidali. Micro e macro emulsioni. Applicazioni industriali e biotecnologiche. Stabilità di sistemi colloidali. Teoria di

DLVO. Fenomeni elettrocinetici, elettro-osmosi. Trattazione unitaria delle forze nella stabilità dei colloidi. Teoria di Niham. Sol colloidali. Nanoparticelle. Quantum dots. Superfici. Termodinamica delle superfici. Tensione superficiale ed angolo di contatto. Bagnabilità e spandimento. Adesione. Monostrati di spandimento e di adsorbimento. Pluristrati. Applicazioni industriali: ottica, fotonica, microlitografia.

## **Chimica fisica dello stato solido e delle superfici**

*Prof. Gianni Cardini (Dip. Chimica)*

Strutturistica. Metalli: proprietà termodinamiche del gas di elettroni; modello di Bloch, struttura a bande, superficie di Fermi, massa effettiva. Semiconduttori: numero di portatori all'equilibrio termico, semiconduttori con impurezze, ionizzazione termica delle impurezze. Esempio di effetti dovuti alla superficie. Forze di coesione. Dinamica Reticolare. Scattering di Neutroni. Teoria della Risposta lineare. Interazione elettrone-fotone e elettrone-fonone. Effetti dovuti a imperfezioni reticolari. Eccitoni. Introduzione alla teoria del funzionale densità. Applicazioni della Dinamica Molecolare allo studio di solidi e sostanze fisisorbite.

## **Chimica fisica organica**

*Dott. Leonardo Angeloni (Dip. Chimica)*

Livelli elettronici e simmetria delle molecole, caratterizzazione spettroscopica attraverso gli spettri di assorbimento e di fluorescenza. Gli orbitali di frontiera e le reazioni organiche, metodi di calcolo semiempirici per la determinazione delle energie e delle simmetrie degli orbitali elettronici, regola di Woodward-Hoffmann e teoria delle perturbazioni, applicazione alle reazioni pericicliche termicamente e fotochimicamente permesse, reazioni fotochimiche di isomerizzazione e di ciclizzazione.

## **Chimica supramolecolare**

*Prof. Antonio Bianchi (Dip. Chimica)*

Molecole ed aggregati supramolecolari. Legame: elettrostatico, a idrogeno, di Van der Waals e di dispersione, interazione di stacking, effetto idrofobo. Molecole macrocicliche ed acicliche recettori di cationi, anioni e molecole neutre. Coordinazione. Termodinamica e cinetica nella coordinazione di cationi, anioni e molecole neutre. Struttura delle specie supramolecolari. Relazioni proprietà-struttura e design molecolare. Riconoscimento molecolare. Reattività e catalisi. Fotochimica supramolecolare. Elettrochimica supramolecolare. Sistemi modello bioinorganici e bioorganici. Processi di auto-replicazione. Trasporto attraverso membrane. Cristalli liquidi. Conduttori, semiconduttori e super conduttori supramolecolari.

## **Chimica teorica**

*Prof. Piero Procacci (Dip. Chimica)*

Richiami di meccanica statistica. Metodo Monte Carlo. Dinamica molecolare. Le simulazioni di proteine in soluzione. Trattamento delle interazioni elettrostatiche. Metodo della Lagrangiana estesa: simulazioni negli insiemi NPT e NVT. La Lagrangiana Car-Parrinello. Calcolo di proprietà strutturali e dinamiche nei sistemi complessi. Calcolo dell'energia libera in simulazioni: tecniche di rinormalizzazione canonica in Monte Carlo e Dinamica Molecolare. Cenni di simulazioni quantistiche: simulazioni path integral.

*Il corso è consigliato agli studenti iscritti al terzo anno o al corso di Laurea Specialistica in Chimica.*

## **Cinetica chimica e dinamica molecolare**

*Prof. Emilio Mario Castellucci (Dip. Chimica)*

*Dott. Giangaetano Pietraperzia (Dip. Chimica)*

Richiami di cinetica; reazioni complesse: reversibili, consecutive, parallele; stato stazionario; metodi sperimentali per cinetiche veloci; temperatura e equazione di Arrhenius; superfici di energia potenziale, potenziali di interazione, coordinata di reazione, stato di transizione; approccio statistico allo stato di transizione: funzioni di partizione, gradi di libertà del complesso attivato e coordinata di reazione, calcolo della costante cinetica; dinamica delle reazioni monomolecolari: Lindenmann, correzione di Hinshelwood; dissociazione: teoria RRK e RRKM statistica; IVR; le reazioni in fase gassosa: teoria delle collisioni, parametro di impatto, sezione d'urto, traiettorie; coordinate del centro di massa e fasci molecolari incrociati: energia interna e dinamica stato-a-stato; distribuzione delle velocità e angolare dei prodotti; reazioni di rimbalzo, reazioni di strappo, cinetica fotochimica ultraveloce e fotodissociazione (femtochemistry); fotodissociazione in tempo reale; esercitazioni in laboratorio su misure LIF e REMPI-TOF.

## **Dinamica chimica: metodi sperimentali**

*Prof. Vincenzo Schettino (Dip. Chimica)*

Metodi sperimentali di studio di processi chimici elementari e meccanismi di reazione (fasci molecolari, spettroscopie e metodi risolti nel tempo, ..... ) con esercitazioni pratiche.

## **Dinamica chimica: metodi teorico computazionali**

*Prof. Vincenzo Schettino (Dip. Chimica)*

Interpretazione dei meccanismi di reazione e relativa modellistica (superfici di energia potenziale, calcolo di traiettorie, dinamica molecolare) con esercitazioni

## **Elettrochimica**

*Prof.ssa Maria Luisa Foresti (Dip. Chimica)*

Equazione di Nernst. La pila. Il potenziale elettrochimico. Elettrodi di prima e seconda specie. Elettrodo polarizzato ideale. Equazione elettrocapillare. Teoria di Gouy-Chapman. Adsorbimento ionico specifico. Strato compatto. Diffusione e migrazione. Stadi elementari di un processo. Cinetica. Trasferimento di carica. Equazione di Butler-Volmer. Tecniche elettrochimiche a potenziale controllato: Impedenza faradica. Corrosione. Elettrochimica ambientale. Conversione ed accumulo di energia. Batterie e pile a combustibile.

## **Genomica strutturale inorganica**

*Prof.ssa Lucia Banci (Dip. Chimica)*

*Prof.ssa Isabella Caterina Felli (Dip. Chimica)*

La genomica strutturale inorganica ha come scopo la caratterizzazione strutturale di tutte le proteine codificate nel genoma che interagiscono con i metalli. L'idea della "genomica strutturale" è nata recentemente, in seguito al sequenziamento del genoma. Lo scopo del corso consiste nel descrivere come cambia la mentalità, le varie iniziative in corso nel mondo in questo campo, gli aspetti innovativi, i metodi usati, i risultati ottenuti fino ad adesso, le difficoltà incontrate, e le prospettive. In particolare, il corso si articola in varie fasi. Introduzione: come cambia la filosofia ("high-throughput" anziché seguendo ipotesi specifiche) e iniziative in corso nel campo della genomica strutturale. Selezione delle proteine da caratterizzare. Metodi per la caratterizzazione

strutturale - modeling, NMR, X-ray, EXAFS, SAXS, SANS, WAXS, "cryoelectron tomography". Metodi per la caratterizzazione del sito di coordinazione del metallo. Metodi per valutare la qualità di una struttura tridimensionale di una proteina. Tipi di strutture identificate: famiglie di poroteine e spazio conformazionale delle strutture di proteine. Proteine che risultano naturalmente "unfolded". Interazioni tra proteine e con altre macromolecole biologiche (RNA, DNA). Problemi aperti nel campo della genomica strutturale.

### **Laboratorio di chimica biorganica**

*Prof.ssa Anna Maria Papini (Dip. Chimica Organica)*

La proteomica è la disciplina scientifica che analizza e caratterizza le proteine, le loro interazioni e le modificazioni a cui vanno incontro in un organismo. E' evidente che in questo contesto il chimico biorganico che si occupa della sintesi, purificazione e caratterizzazione di peptidi e proteine mediante metodologie innovative potrà dare un contributo notevole allo sviluppo di progetti multidisciplinari *from the bench to the bedside*. Saranno effettuate sintesi e saggi immunologici di molecole biomimetiche sfruttando le strategie in fase solida sviluppate a partire dal lavoro di Bruce Merrifield: sintesi di peptidi e sintesi organica in fase solida, sintesi di librerie combinatoriali, sintesi mediate da microonde, chemical ligation, approfondendo aspetti riguardanti le strategie di protezioni e deprotezioni selettive di amminoacidi, le caratteristiche dei supporti solidi, l'uso di reagenti efficienti per la formazione di vari legami in fase solida, le metodologie analitiche di purificazione e monitoraggio di peptidi e proteine (HPLC, LC-MS, elettroforesi ecc.).

### **Laboratorio di sintesi delle sostanze naturali**

*Dr.ssa Francesca Cardona (Dip. Chimica Organica)*

Le sostanze naturali: isolamento, identificazione strutturale e sintesi. Aspetti pratici nella sintesi delle sostanze naturali. Disconnessioni e strategie sintetiche per l'ottenimento di prodotti naturali di interesse biologico. Le sostanze organiche naturali come potenziali farmaci nella cura di patologie umane. Nella parte pratica in cui verrà effettuata una sintesi multistep (4-5 passaggi) di una sostanza naturale o di un suo analogo.

Il corso è consigliato per le lauree magistrali.

### **Materiali polimerici per l'industria e l'ambiente**

*Dott. Marco Frediani (Dip. Chimica Organica)*

Il corso si pone come scopo di approfondire le problematiche inerenti il ruolo rivestito dai polimeri nella società moderna e le loro applicazioni (packing, trasporti, medicina, ecc.). Con questo scopo si analizzeranno le relazioni tra proprietà e struttura, la stabilità ambientale, i metodi di sintesi/caratterizzazione e di degradazione. Il corso prevede lo svolgimento di tesine intermedie

### **Metodi fisici in chimica inorganica**

*Prof.ssa Isabella Caterina Felli (Dip. Chimica)*

Il corso di propone di fornire agli studenti conoscenze di base delle tecnologie che forniscono informazioni strutturali e dinamiche delle molecole. La tecnica principale è la risonanza magnetica nucleare (NMR). Il corso, che prevede lezioni in aula seguite da esercitazioni pratiche agli strumenti, si sviluppa in varie fasi: introduzione, formalismo degli operatori prodotto, i "building blocks" con cui sono costruiti gli esperimenti, "tips and tricks" per ottimizzare l'acquisizione degli spettri, la strumentazione, gli spin oltre il protone. Introduzione: i momenti angolari di spin nei campi magnetici, interazioni con radioonde, la frequenza di risonanza e le proprietà di rilassamento,

le interazioni tra gli spin. Il formalismo dell'operatore prodotto per capire l'evoluzione dei sistemi di spin in seguito ad una perturbazione ed il trasferimento di magnetizzazione o di coerenza. I "building blocks" alla base degli esperimenti: evoluzione del chemical shift, detezione in quadratura, cicli di fase, gradienti, soppressione del solvente, trasferimenti di coerenza. "Tips and tricks" per selezionare le varianti più appropriate degli esperimenti ed ottimizzare i parametri importanti. La strumentazione: concetti di base e recenti avanzamenti tecnologici per aumentare la sensibilità e la risoluzione degli strumenti (alti campi, probe delciati, cryoprobe). Gli spin nucleari oltre il protone:  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{113}\text{Cd}$ ,  $^{199}\text{Hg}$ ,  $^{195}\text{Pt}$ ,  $^{57}\text{Fe}$ , etc.

*Il corso è consigliato agli studenti iscritti al terzo anno della laurea triennale.*

## **Metodi fisici in chimica organica**

*Prof. Stefano Chimichi (Dip. Chimica Organica)*

*Corso mutuato dal corso di "Metodi fisici in chimica organica" (laurea specialistica in Chimica) e dal corso di "Metodi fisici in chimica organica:tecniche avanzate"*

Determinazione strutturale di molecole organiche mediante tecniche spettroscopiche. Teoria ed applicazioni della spettroscopia  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  NMR: i parametri spettrali (chemical shift e costanti di accoppiamento), il rilassamento, spettri di primo ordine e di ordine superiore, i concetti di equivalenza chimica e magnetica. NMR e stereochimica. La recettività. Il metodo a impulsi e la trasformata di Fourier. Il disaccoppiamento di spin nella spettroscopia  $^{13}\text{C}$ : determinazione della molteplicità, spettri completamente accoppiati al protone (gated decoupling), inversione selettiva di popolazione e trasferimento di polarizzazione (SPI e SPT). Esperimenti monodimensionali a più impulsi (APT, DEPT, INEPT). Le costanti di accoppiamento C-H. Teoria ed applicazioni della spettroscopia NMR bidimensionale: concetti generali. Correlazioni omo- ed eteronucleari, tecniche 1D avanzate e 2D (COSY, DQF-COSY, PS-COSY, TOCSY, HETCOR, COLOC, INADEQUATE, HMBC, HSQC). Effetto nucleare Overhauser (NOEDIF, 2DNOESY, NOESY1D, ROESY ecc). Esame con prova scritta ed accertamenti intermedi.

## **Metodi fisici in chimica organica (tecniche avanzate)**

*Prof. Stefano Chimichi (Dip. Chimica Organica)*

Teoria ed applicazioni della spettroscopia NMR bidimensionale: concetti generali. Correlazioni omo- ed eteronucleari, tecniche 1D avanzate e 2D (COSY, DQF-COSY, PS-COSY, TOCSY, HETCOR, COLOC, INADEQUATE, HMBC, HSQC). Effetto nucleare Overhauser (NOEDIF, 2DNOESY, NOESY1D, ROESY ecc).

Esame con prova scritta ed accertamenti intermedi.

## **Metodi matematici avanzati per la Chimica**

*Dr.ssa Elena Comparini (Dip. Matematica)*

Analisi dimensionale Equazioni alle differenze: lineari del primo ordine; lineari a coefficienti costanti. Equazioni differenziali ordinarie: definizione di soluzione; curve soluzioni e campi di direzione; problemi ai valori iniziali; sistemi lineari; stabilità dei sistemi del primo ordine; problemi ai limiti; problemi di Sturm-Liouville. Equazioni alle derivate parziali: propagazione delle onde; equazione delle onde; propagazione del calore; equazione della diffusione; equazione di Laplace.

## **Metodologie di sintesi in chimica organica**

*Prof.ssa Franca Cordero (Dip. Organica)*

*Dott. Ernesto Occhiato (Dip. Organica)*

Il corso si propone di fornire agli studenti le conoscenze teoriche e soprattutto pratiche per poter realizzare la sintesi di composti organici polifunzionalizzati. Verranno svolte delle ricerche bibliografiche usando banche dati 'on line' e, in laboratorio, verranno effettuate delle sintesi multistadiche, che presentano interessanti aspetti di selettività, utilizzando alcuni tra i metodi più recenti per la protezione e la trasformazione di gruppi funzionali, la formazione di nuovi legami C-C ed il controllo della stereochimica dei prodotti.

Il corso è consigliato per le lauree specialistiche.

## **Mineralogia**

Introduzione alla mineralogia: i minerali nella crosta terrestre; ambienti minerogenetici; classificazione dei minerali; i cristalli simmetria. Metodi scelti di analisi mineralogica: microscopia ottica; diffrazione dei raggi X; fluorescenza a raggi X; microscopio elettronico e microsonda elettronica. Mineralogia applicata: risorse minerali; minerali metalliferi; minerali industriali; mineralogia ambientale. Argomenti scelti (ceramiche, vetri, applicazioni ai beni culturali...)

## **Proteine e metalloproteine come bersagli farmacologici**

*Prof.ssa Lucia Banci (Dip. Chimica)*

L'avvento delle sequenze genomiche di molti organismi incluso l'uomo ha fornito un enorme numero di potenziali nuovi bersagli terapeutici (target). Strumenti bioinformatici sono utilizzati per l'individuazione dei target e la loro prima caratterizzazione. Applicazioni sperimentali multidisciplinari che spaziano dai DNA microarray all'analisi proteica tramite spettroscopia di massa, dal silenziamento dei geni alla genomica strutturale sono usati per analizzare i target in relazione alle patologie e alla possibile funzione biologica. Infine sono studiati i metodi bioinformatici e sperimentali per lo sviluppo di candidati farmaci contro target selezionati, anche in funzione della capacità del target di legare metalli.

## **Saggi bioanalitici su matrici reali**

*Prof. Giovanna Marrazza (Dip. Chimica)*

Problemi delle matrici reali (acque di scarico, fluidi biologici, alimenti, ecc.). Metodi bioanalitici per il controllo delle acque naturali ed inquinate. La misura del BOD. Test di tossicità acuta e cronica con *Daphnia Magna* e con batteri luminescenti. Test di mutagenesi. Saggi immunochimici e di affinità. Sistemi bioanalitici per il rilevamento di pesticidi e mutageni. Saggi per la misura dell'attività enzimatica nel sangue. Sistemi bioanalitici per la rivelazione di tossine. Esercitazioni pratiche di laboratorio.

## **Sensori e biosensori**

*Prof. Marco Mascini (Dip. Chimica)*

Definizione di Sensore e Biosensore. Biosensori Catalitici e di Affinità. Tecniche di immobilizzazione di Enzimi, Anticorpi, Oligonucleotidi. Le tecniche elettrochimiche di trasduzione: Amperometria, Potenziometria, Tecniche elettrochimiche veloci. Le tecniche ottiche di trasduzione: Fibre ottiche, Assorbimento, Risonanza Plasmonica di Superficie (SPR).

Applicazioni dei Biosensori per la Medicina (striscette per il controllo della Glicemia, Pancreas artificiale, Rene artificiale, AMI (Acute Myocardial Infarction) ecc. Applicazione dei Biosensori per l'Ambiente ( sensori di Tossicità, Genotossicità, Neurotossicità, Pesticidi, Erbicidi ecc.)

Applicazione dei Biosensori per il settore Alimentare (qualità degli alimenti, freschezza dei pesci, valutazione della presenza di OGM (Organismi Geneticamente Modificati). Esperimenti di laboratorio relativi agli argomenti del Programma.

### **Sintesi e reattività dei complessi metallici**

*Dott.ssa Barbara Valtancoli (Dip. Chimica)*

*Prof. Andrea Bencini (Dip. Chimica)*

Sintesi di complessi di ioni metallici: aspetti termodinamici e cinetici. Sintesi metallo-assistite. Processi di self-assembling per la formazione di specie complesse organiche e inorganiche e loro uso per la realizzazione di nuovi materiali polifunzionali. Self-assembling in sistemi naturali. Sistemi catalitici e autoreplicanti. Applicazioni biochimiche e biomediche della chimica supramolecolare. Complessi di metalli di transizione come recettori per piccole molecole, quali ad esempio O<sub>2</sub> e NO, e loro applicazioni in campo biomedico. I "radicali liberi": formazione, reattività ed effetti tossici di specie azotate o ossigenate radicaliche (ROS, RNS). Interazione di piccole molecole e di complessi con nucleobasi, nucleotidi, DNA e RNA e loro applicazioni in campo farmacologico. Complessi di ioni metallici come agenti antitumorali. Complessi di oro come agenti terapeutici. Tossicità di ioni metallici e lesioni del DNA.

### **Sintesi delle sostanze naturali**

*Prof. Stefano Chimichi (Dip. Chimica Organica)*

Esempi di sintesi di sostanze organiche naturali. Strategie sintetiche. Sintesi di analoghi di sostanze naturali a potenziale attività farmacologica attraverso processi ecocompatibili.

Consigliato per gli studenti iscritti alle lauree specialistiche.

### **Scienza dei metalli**

*Prof. Sergio Ceresara (S.M.I.)*

Richiami di cristallografia. Metodi d'indagine. Struttura delle fasi nelle leghe. Energia libera delle fasi nelle leghe. Trasformazione ordine-disordine. I diagrammi di equilibrio. Trasformazioni di fase di non equilibrio. Solidificazione. Processi di colata. Difetti puntiformi. Diffusione nei metalli. Precipitazione. Proprietà elastiche nei metalli. Dislocazioni. Deformazione plastica e incrudimento. Recovery e cristallizzazione. Meccanismi di indurimento. Frattura. Scorrimento. Fatica. Lavorazioni plastiche.

### **Spettroscopia molecolare**

*Prof. Roberto Bini (Dip. Chimica)*

Il corso affronta i moderni temi della spettroscopia molecolare dal punto di vista sia teorico sia delle tecniche sperimentali e rappresenta una prosecuzione del corso di Laboratorio di Chimica-Fisica I. Teoria del corpo nero. Natura della radiazione elettromagnetica e sua interazione con la materia. Teoria delle perturbazioni dipendente dal tempo. Assorbimento ed emissione, regole selezione, regola d'oro di Fermi. Forme di riga. Spettroscopia dipendente dal tempo: funzione di correlazione temporale, spettroscopia FIR e Raman depolarizzato di liquidi. Spettroscopia vibrazionale e rotazionale di molecole diatomiche. Rotazioni di molecole poliatomiche. Vibrazioni di molecole poliatomiche: approccio classico e quantomeccanico. Spettri vibrazionali di cristalli molecolari, proprietà di simmetria e diagrammi di correlazione. Spettroscopia elettronica di molecole diatomiche: struttura vibrazionale e principio di Franck-Condon, emissione, dissociazione.

Spettroscopia elettronica di molecole poliatomiche, limite di validità dell'approssimazione di Born-Oppenheimer e struttura vibronica. Cromofori. Effetto del solvente. Stati elettronici in spettroscopia ed in fotochimica. La spettroscopia Raman: approccio classico e relazione di Kramers-Heisenberg-Dirac. Raman risonante. Polarizzazione in Raman. Processi ottici non-lineari: assorbimenti a due e più fotoni, Raman stimolato, tecniche Raman coerenti.

## **Stereochimica**

*Prof. Antonio Guarna (Dip. Organica)*

Programma del corso: Chiralità ed elementi di simmetria. Configurazione assoluta e configurazione relativa: regole di assegnazione e di priorità di molecole con elementi stereogenici: centri, assi, piani elicità. Polarimetria, dispersione ottica rotatoria, dicroismo circolare. Descrittori stereochimici per sistemi insaturi, ciclici, biciclici fusi o a ponte. Pro-stereogenicità di atomi, gruppi e facce. Analisi conformazionale. Metodi di meccanica molecolare per il calcolo della struttura ed energia di conformeri. Analisi conformazionale di etano, butano. Effetto gauche ed effetto anomero. Sistemi a rotazione impedita. Analisi conformazionale di aldeidi, chetoni, acidi carbossilici, esteri, ammidi, dieni. Analisi conformazionale di cicloesano e cicloesanone, metilencicloesano, cicloesene. Studio degli equilibri conformazionali mediante NMR. Conformazioni di sistemi carbociclici saturi a cicli piccoli e medi. Sistemi biciclici fusi con il cicloesano. Analisi conformazionale di eterocicli saturi.

Metodi per l'assegnazione della configurazione assoluta e relativa mediante: diffrazione ai raggi X. NMR di diastereoisomeri, dispersione ottica rotatoria. Effetti conformazionali sulla reattività, accelerazione sterica ed effetto sterico.

Il corso è consigliato a studenti iscritti al terzo anno della laurea triennale e agli studenti delle lauree magistrali.

## **Strutturistica chimica**

*Dott.ssa Carla Bazzicalupi (Dip. Chimica)*

Simmetria. Operazioni di simmetria. Sistemi cristallini. Reticoli Bravaisiani. Classi cristalline. Gruppi Spaziali. Rappresentazione simbolica. Teoria geometrica della diffrazione. Equazioni di Bragg e di Laue. Reticolo reciproco e sfera di Ewald. Aspetti dell'interazione raggi X con la materia. Fattore diffusionale atomico. Fattore termico. Fattore di struttura. Problema della fase. Gruppi di Laue. Estinzioni sistematiche. Funzione densità elettronica. Diffrazione X da cristallo singolo: tecniche ed apparati sperimentali, raccolta e trattamento dati, soluzione ed affinamento della struttura (prove pratiche presso il Centro Interdipartimentale di Cristallografia Strutturale). Diffrazione X da polveri: principi, tecniche ed apparati, applicazioni. Diffrazione di neutroni ed elettroni: principi, tecniche ed apparati, applicazioni. Utilizzo delle banche dati in chimica strutturale. Esempi di applicazioni.

## **Termodinamica chimica**

*Prof. Giorgio Taddei (Dip. Chimica)*

Importanza di collegare le grandezze della termodinamica classica alle grandezze molecolari usando appropriati metodi statistici. Fondamenti della termodinamica statistica classica. Suoi successi e suoi insuccessi. Necessario il ricorso ad alcuni assiomi della quantomeccanica anche nel limite classico (modello semiclassico). Importanza del fattore di scala. Funzione di partizione e calcolo delle grandezze termodinamiche. Entropia di zero e terzo principio. Sistemi non ideali. Calcolo del secondo coefficiente del viriale di un gas reale. Attività. Presentazione di alcuni modelli

per liquidi monoatomici. Statistiche quantiche. Regimi di degenerazione debole e forte. Equazioni di stato di gas bosonici e fermionici. Leggi del corpo nero. Il Corso prevede esercizi di calcolo numerico su particolari argomenti.

### ***Nota***

Il Corso di **Proprietà, sintesi e biosintesi delle sostanze naturali I** (3 CFU) e di **Sintesi delle sostanze naturali** (3 CFU) corrispondono, come programma, al vecchio corso di **Chimica delle sostanze organiche naturali** (6 CFU) del NOA.