

**CORSO DI LAUREA IN CHIMICA**

**Manifesto degli Studi**

**ANNO ACCADEMICO 2007-2008**

## **Premessa**

Il Corso di Laurea in Chimica si prefigge l'obiettivo di creare figure che abbiano una adeguata formazione in campo chimico aperta agli affinamenti successivi in corsi di secondo livello e che sia inoltre tale da permettere al laureato di inserirsi in quelle attività lavorative che richiedano l'applicazione delle più varie metodiche disciplinari d'indagine, nonché l'utilizzo di attrezzature complesse. L'obiettivo sarà raggiunto mediante l'individuazione di opportuni indirizzi formativi che

- daranno ai laureati la possibilità di iscriversi agevolmente a quelle Lauree Specialistiche che li porteranno verso una più avanzata professionalità ed al Dottorato ed il successivo inserimento nel mondo della ricerca nei vari settori della chimica
- formeranno laureati in grado di svolgere attività professionale nel campo del controllo, conservazione e recupero dell'ambiente, nel controllo degli alimenti, nel controllo della qualità dei processi e dei prodotti, nella progettazione e caratterizzazione di nuovi materiali e nella gestione di strumentazione complessa.

La struttura didattica responsabile del Corso di Laurea individua gli indirizzi da attivare; sono dedicati almeno 20 CFU ad attività formative strettamente inerenti agli indirizzi.

Il laureato in chimica oltre a possedere una buona conoscenza dei settori di base della Chimica ed abilità e competenza nelle operazioni fondamentali di laboratorio chimico, è inoltre in grado di utilizzare metodiche per la raccolta e l'analisi dei dati, metodiche sperimentali per la preparazione e la caratterizzazione di sistemi e processi chimici anche complessi, nonché strumentazione scientifica per indagini analitiche e strutturali della materia.

Il laureato in chimica deve essere anche capace di:

- effettuare ricerche bibliografiche, utilizzando reti informatiche,
- utilizzare una lingua dell'Unione Europea oltre all'italiano nell'ambito specifico di competenza e per lo scambio d'informazioni generali,
- avere nozioni di base sulla sicurezza degli ambienti di lavoro in genere e sul controllo di qualità, possedere adeguate competenze per la comunicazione e la gestione dell'informazione.

## **Curricula**

Il corso di laurea prevede 2 curricula:

- a. **Controllo dell'ambiente e della salute**, che prevede laureati che svolgeranno la loro attività professionale nell'ambito di strutture pubbliche o private preposte al controllo chimico dell'ambiente e della salute umana, e che potranno eventualmente proseguire gli studi verso una laurea specialistica in chimica.

- b. **Materiali per applicazioni innovative**, che prevede laureati che potranno inserirsi professionalmente nei contesti industriali e civili nei quali sia richiesto la produzione, la caratterizzazione, la progettazione di materiali innovativi, e che potranno eventualmente proseguire gli studi per il conseguimento di una laurea specialistica in chimica.

## Ammissione al Corso di laurea

Possono essere ammessi al Corso di Laurea in Chimica:

- a) i diplomati degli istituti di istruzione secondaria superiore di durata quinquennale;
- b) i diplomati degli istituti di istruzione secondaria superiore di durata quadriennale che abbiano frequentato, con esito positivo, un corso annuale integrativo;
- c) quanti siano in possesso di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo.

Per conseguire la laurea in Chimica lo studente deve avere acquisito 180 CFU comprensivi di quelli relativi alla conoscenza di una lingua dell'Unione Europea oltre all'italiano.

Per l'anno 2007/2008 il numero delle iscrizioni è previsto in 65 unità.

## Insegnamenti, articolazione in moduli e tipologia delle forme didattiche

Gli insegnamenti del corso di laurea in chimica sono, di norma, articolati in moduli, ciascuno corrispondente ad argomenti chiaramente individuabili attraverso il titolo del modulo stesso. Ogni modulo, oltre ad essere inquadrato in un settore disciplinare, corrisponde ad un ben preciso numero di CFU e può essere costituito da lezioni, esercitazioni in aula in piccoli gruppi o esperienze di laboratorio. Ogni credito corrisponde a circa 8 ore di lezioni frontali o a circa 12 ore di esercitazioni o di esperienze in laboratorio.

Per ogni curriculum e per ogni anno di corso sono di seguito riportati l'articolazione degli insegnamenti in moduli ed i contenuti didattici dei moduli.

## Classificazione dei moduli

Curriculum Controllo dell'ambiente e della salute										
Anno	Trimestre	Insegnamento	Attività formativa	Ambito Disciplinare	SSD	CFU	CFU_lez	CFU_es	Tot. CFU trim	Tot. CFU anno
1°	I	Calcolo differenziale	Di base	Discipline fisiche, matematiche e informatiche	MAT/05	5	3	2	20	60
		Introduzione all'Informatica	Affine	Discipline di contesto	INF/01	5	3	2		
		Introduzione al Metodo Sperimentale	Affine	Formazione interdisciplinare	FIS/01	5	2	3		
		Inglese		Lingua straniera		5	5			
	II	Calcolo integrale	Affine	Formazione interdisciplinare	MAT/05	5	3	2	20	
		Meccanica	Di base	Discipline fisiche	FIS/01	5	3	2		
		Principi di Chimica Generale	Di base	Discipline chimiche	CHIM/03	5	3	2		
		Termodinamica e Cinetica Chimica	Di base	Discipline chimiche	CHIM/02	5	3	2		
	III	Elettricità e magnetismo	Affine	Formazione interdisciplinare	FIS/01	5	3	2	20	
		Equilibri in soluzione I	Di base	Discipline chimiche	CHIM/01	2	1	1		
		Equilibri in soluzione II	Di base	Discipline chimiche	CHIM/01	3	2	1		
		Le Sostanze Organiche	Di base	Discipline chimiche	CHIM/06	5	5			
		Processi unitari di Laboratorio chimico	Di base	Discipline chimiche	CHIM/06	5		5		
	2°	I	Chimica Analitica Classica	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	4	4		
Lab. di Termodinamica e Cinetica Chimica			Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	5		5		
Elettrochimica			Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	3	1	2		
Principi di Chimica Inorganica			Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	3	3			
Chimica degli Elettrofilo			Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	5	5			
II		Laboratorio di Chimica Analitica Classica	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	4		4	20	

		Chimica Analitica Strumentale	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	3	1	2				
		Teoria Atomica e Meccanica Quantistica	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	4	4					
		Chimica Organica Applicata	Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	5	5					
		Moduli a Scelta	Caratterizzante	A scelta		4	4					
	<b>III</b>	Chimica dei Metalli di Transizione	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	3	3		<b>20</b>			
		Strutturistica Chimica	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	5	3	2				
		Processi Unitari di Sintesi	Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	3	3					
		Teorie Spettroscopiche	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	4	4					
		Deter. strutturali mediante Spettr. di Massa	Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	2		2				
		Laboratorio di Analitica Strumentale	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	3	1	2				
	<b>3°</b>	<b>I</b>	Metodi Analitici Avanzati	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	3	1	2	<b>20</b>	<b>60</b>	
			Metodologie Inorganiche	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	3	3				
Chimica Inorganica Pratica			Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	6	2	4				
Micro-inquinanti e Spettrometria di Massa			Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	2		2				
I rifiuti			Ambito di sede	Ambito di sede	CHIM/12	2	2					
Elementi di Ecologia			Affine	Discipline di contesto	BIO/07	2	2					
Elementi di Biochimica			Affine	Discipline biochimiche e farmaceutiche	BIO/10	2	2					
<b>II</b>		Metodi Spettroscopici Avanzati	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	4	1	3	<b>21</b>			
		La Diffusione degli Inquinanti	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	2	2					
		Inquinanti Inorganici	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	2	2					
		Fitofarmaci ed Additivi	Ambito di sede	Ambito di sede	CHIM/12	3	3					
		Mineralogia Ambientale	Affine	Formazione interdisciplinare	GEO/09	1	1					
		Elementi di Geochimica	Affine	Formazione interdisciplinare	GEO/08	1	1					
		Impianti per il trattamento dei rifiuti	Ambito di sede	Ambito di sede	ING-IND/25	2	2					
		Moduli a scelta		A scelta		6						
<b>III</b>		Elementi di Legislazione Ambientale	Ambito di sede	Ambito di sede	ING-IND/26	2	2		<b>19</b>			
		Elementi di Economia Aziendale	Affine	Discipline di contesto	SECS/07	2	2					
		Prova finale (relazione o tesina)				6						
		Stages / o Tirocini				9						
<b>Totale crediti Curriculum "Controllo dell'ambiente e della salute"</b>										<b>180</b>		

### Curriculum "Materiali per applicazioni innovative"

Anno	Trimestre	Insegnamento	Attività formativa	Ambito Disciplinare	SSD	CFU	CFU_lez	CFU_es	Tot. CFU_trim	Tot. CFU_anno
1°	I	Calcolo differenziale	Di base	Discipline fisiche, matematiche e informatiche	MAT/05	5	3	2	20	60
		Introduzione all'Informatica	Affine	Discipline di contesto	INF/01	5	3	2		
		Introduzione al Metodo Sperimentale	Affine	Formazione interdisciplinare	FIS/01	5	2	3		
		Inglese		Lingua straniera		5	5			
	II	Calcolo integrale	Affine	Formazione interdisciplinare	MAT/05	5	3	2	20	
		Meccanica	Di base	Discipline fisiche	FIS/01	5	3	2		
		Principi di Chimica Generale	Di base	Discipline chimiche	CHIM/03	5	3	2		
		Termodinamica e Cinetica Chimica	Di base	Discipline chimiche	CHIM/02	5	3	2		
	III	Elettricità e magnetismo	Affine	Formazione interdisciplinare	FIS/01	5	3	2	20	
		Equilibri in soluzione I	Di base	Discipline chimiche	CHIM/01	2	1	1		
		Equilibri in soluzione II	Di base	Discipline chimiche	CHIM/01	3	2	1		
		Le Sostanze Organiche	Di base	Discipline chimiche	CHIM/06	5	5			
		Processi unitari di Laboratorio chimico	Di base	Discipline chimiche	CHIM/06	5		5		
2°	I	Chimica Analitica Classica	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	4	4		20	
		Lab. di Termodinamica e Cinetica Chimica	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	5		5		
		Elettrochimica	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	3	1	2		
		Principi di Chimica Inorganica	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	3	3			
		Chimica degli Elettrofili	Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	5	5			
	II	Laboratorio di Chimica Analitica Classica	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	4		4	20	
		Chimica Analitica Strumentale	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	3	1	2		
		Teoria Atomica e Meccanica Quantistica	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	4	4			

		Chimica Organica Applicata	Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	5	5					
		Moduli a Scelta	Caratterizzante	A scelta		4	4					
<b>III</b>		Chimica dei Metalli di Transizione	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	3	3		<b>20</b>			
		Strutturistica Chimica	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	5	3	2				
		Processi Unitari di Sintesi	Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	3	3					
		Teorie Spettroscopiche	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	4	4					
		Deter. strutturali mediante Spettr. di Massa	Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	2		2				
		Laboratorio di Analitica Strumentale	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	3	1	2				
<b>3°</b>	<b>I</b>	Metodi Analitici Avanzati	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	3	1	2	<b>20</b>	<b>60</b>		
		Metodologie Inorganiche	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	3	3					
		Chimica Inorganica Pratica	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	6	2	4				
		Proprietà dei Materiali Innovativi	Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/02	2	2					
		Elementi di Ecologia	Affine	Discipline di contesto	BIO/07	2	2					
		Spettrometria MALDI	Caratterizzante	Discipline organiche	CHIM/06	2						
		Elementi di Biochimica	Affine	Discipline biochimiche e farmaceutiche	BIO/10	2	2					
	<b>II</b>	Metodi Spettroscopici Avanzati	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/02	4	1	3	<b>25</b>			
		Materiali Molecolari Innovativi	Ambito di sede	Ambito di sede	CHIM/05	2	2					
		Applicazioni di materiali molecolari	Ambito di sede	Ambito di sede	CHIM/05	2	2					
		Materiali Innovativi Inorganici	Caratterizzante	Discipline inorganiche chimico fisiche	CHIM/03	2						
		I Polimeri	Ambito di sede	Ambito di sede	CHIM/05	4						
		Processi di produzione	Ambito di sede	Ambito di sede	CHIM/04	3						
		Analisi di Materiali Innovativi	Caratterizzante	Discipline analitiche e ambientali	CHIM/01	2	2					
		Moduli a scelta		A scelta		6						
	<b>III</b>	Prova finale (relazione o tesina)				6			<b>15</b>			
		Stages / o Tirocini				9						
	<b>Totale crediti Curriculum "Materiali per applicazioni innovative"</b>										<b>180</b>	

<i>Materie a scelta dello studente consigliate</i>			
Insegnamento	SSD	CFU	Corso di laurea dell'insegnamento a scelta
Metodi Chimico-Fisici per lo studio dei Materiali	CHIM/02	4	Chimica
Complementi di Chimica Organica	CHIM/06	4	Chimica
Complementi di Chimica Generale	CHIM/03	4	Chimica
Effetti dei Campi Elettromagnetici Sui Sistemi Biologici	CHIM/02	3	Chimica
Introduzione alla Chimica delle Sostanze Naturali	CHIM/06	3	Chimica
Tecniche chimico fisiche in ambito sanitario	CHIM/02	3	Chimica
Metalli in diagnostica e medicina	CHIM/03	2	Sc. dei Materiali
Chimica dello Stato Solido	CHIM/03	3	Sc. dei Materiali
Stereochimica	CHIM/06	5	C.T.F. della Facoltà di Farmacia

# PROGRAMMI E DISTRIBUZIONE TEMPORALE DEI MODULI DIDATTICI

## I ANNO - I Trimestre

### **Introduzione all'Informatica**

Introduzione all'informatica: l'informatica nell'ambito scientifico; evoluzione delle tecnologie informatiche; analisi dei problemi ed algoritmi. Prerequisiti matematici: calcolo proposizionale; codifica binaria dell'informazione, rappresentazione dei numeri in un elaboratore elettronico, codifica dei caratteri, codifica delle immagini. Architettura dell'elaboratore elettronico: hardware; software. Introduzione al Pascal (ovvero Delphi, C++, Java). Tipi di dati. Strutture di controllo. Funzioni e procedure. Introduzione alla programmazione ricorsiva. Gestione dei file.

### **Calcolo differenziale**

Numeri reali. Numeri complessi. Funzioni reali di una variabile reale. Limiti di funzioni da  $\mathbb{R}$  in  $\mathbb{R}$ . Calcolo dei limiti. Successioni a valori reali. Funzioni continue da  $\mathbb{R}$  in  $\mathbb{R}$ . Funzioni elementari. Derivata e differenziale. I teoremi fondamentali del calcolo differenziale: Rolle, Cauchy, Lagrange. Massimi e minimi. Sviluppo in serie di Taylor. Applicazioni della formula di Taylor.

### **Introduzione al Metodo Sperimentale**

Grandezze fisiche; sistemi di unità di misura; calibrazione, sensibilità di strumenti; errori sistematici, errori casuali; propagazione degli errori; errori massimi; errore standard, distribuzioni di probabilità binomiale, di Poisson e di Gauss; significato probabilistico dell'errore standard; varianza della media; test del  $\chi^2$  per la verifica di ipotesi di distribuzioni; principio della massima verosimiglianza; media ponderata; elaborazione di dati con metodo grafico e metodo analitico; regressione di curve; linearizzazioni e retta dei minimi quadrati; adattamento di relazioni funzionali ai dati sperimentali e formulazione di leggi fisiche. Esercitazioni pratiche di misure con strumenti sensibili.

*Esperienze:* Distribuzione gaussiana di misure; distribuzione di probabilità nel decadimento di una sostanza radioattiva.

*Prerequisiti:* deve essere preceduto da, o almeno tenuto contemporaneamente a, Calcolo differenziale, Calcolo integrale.

*Strumenti matematici utilizzati:* limiti, derivate, integrali, serie, calcolo combinatorio.

### **Inglese**

## I ANNO - II Trimestre

### **Calcolo integrale**

Integrale di Riemann. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Regole di integrazione. Funzioni primitive. Integrale dipendente da un parametro. Integrali multipli. Integrale di linea. Integrale di superficie. Equazioni differenziali lineari. Equazioni differenziali a variabili separabili.

Equazioni differenziali lineari a coefficienti costanti. Derivate parziali. Forme differenziali. Serie numeriche. Sviluppo in serie di Fourier.

*Prerequisiti:* deve essere preceduto da Calcolo differenziale.

## **Meccanica**

Vettori; cinematica in tre dimensioni; leggi di Newton; forza, lavoro, potenza; forze conservative; energia potenziale; quantità di moto; collisioni; moto rotatorio, momento della quantità di moto, momento di una forza; forze elastiche, forze d'attrito; equilibrio statico; oscillazioni, oscillatore armonico. Dinamica dei sistemi di particelle. Equazioni cardinali.

*Prerequisiti:* deve essere preceduto da o almeno tenuto contemporaneamente a Calcolo differenziale e Calcolo integrale.

*Strumenti matematici utilizzati:* derivate, integrali, integrali di linea, differenziali esatti.

## **Principi di Chimica Generale**

Unità, misure ed equazioni. Calcoli stechiometrici. Bilanciamento di reazioni. Struttura atomica. Spettro dell'atomo d'idrogeno. Numeri quantici. Orbitali e probabilità. Principio di Aufbau e regola di Hund. Tavola periodica e trend periodici di raggio ionico, energia di ionizzazione, affinità elettronica ed elettronegatività. Distinzione tra legame ionico, covalente e metallico. Strutture di Lewis. Legami sigma e pi-greco. Ibridizzazione di orbitali atomici. Ordine di legame. Delocalizzazione. Orbitali molecolari in molecole semplici. Forma e polarità delle molecole. Caratteristiche elementari di solidi e liquidi. Spiegazione del loro comportamento (ebollizione, fusione, congelamento, condensazione) in funzione di interazioni intermolecolari (van der Waals, legame idrogeno, ecc.).

## **Equilibri in soluzione 1**

Misura della concentrazione. Soluti e solventi, elettroliti e nonelettroliti. Proprietà di soluzioni.

Reversibilità delle reazioni: leggi dell'equilibrio chimico. Calcolo della costante di equilibrio ( $K_c$ ). Concentrazioni di equilibrio e quoziente di reazione. Effetto della variazione delle condizioni di reazione sull'equilibrio. Acidità delle soluzioni acquose: scala del pH e scala relativa di forza. Acidi e basi deboli: calcolo del pH.

## **Equilibri in soluzione 2**

Trattamento approfondito degli equilibri acido base in soluzione acquosa, approssimazioni e loro validità. Teoria acido base di Brønsted. Metodo grafico con l'uso di diagrammi logaritmici. Acidi deboli poliprotici: problematiche. Neutralizzazioni e titolazioni acido base. Soluzioni tampone. Indicatori acido base. Acidi e basi di Lewis. Equilibri di complessazione. Costanti di stabilità e di instabilità. Equilibri coinvolgenti sali poco solubili. Solubilità e prodotto di solubilità. Effetto dello ione a comune. Equilibri simultanei: effetto dell'acidità e della complessazione sulla solubilità.

# **I ANNO - III Trimestre**

## **Elettricità e Magnetismo**

Fenomeni elettrici, forza di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Distribuzioni continue di cariche. Potenziale elettrostatico. Equazioni dell'elettrostatica. Il campo elettrico nei conduttori. Energia elettrostatica. I dielettrici. Correnti: densità di corrente e intensità di corrente. Legge di Ohm. Dissipazione di energia in una resistenza. Forza su di un filo percorso da corrente in un campo magnetico. Legge di Lorentz. Equazioni della magnetostatica. Il potenziale vettore. Gauge di Coulomb. Equazione di Poisson per il potenziale vettore. Legge di Biot e Savart. Teorema

di Ampere. Moto di una particella carica in un campo magnetico. Legge di Faraday, con un formalismo "integrale" e non "differenziale".

### **Termodinamica e Cinetica chimica**

Definizione di sistema termodinamico chiuso. Le variabili di stato. Trasformazioni di equilibrio. Il primo principio (Calore, lavoro, energia interna, la funzione entalpia). Semplici calcoli di evoluzione in trasformazioni di equilibrio sui gas ideali. La reversibilità e l'irreversibilità. La funzione entropia e le sue proprietà. Il secondo principio della Termodinamica. Semplici calcoli di variazioni entropiche sui gas ideali. La funzione energia libera.

I sistemi termodinamici aperti. L'equilibrio chimico. Calcoli di costanti di equilibrio da dati termodinamici. L'evoluzione degli equilibri chimici con la temperatura con la pressione ed in base alla composizione. Le proprietà colligative delle soluzioni.

Meccanismi ed ordine delle reazioni chimiche. Sperimentazioni della cinetica di reazione e relativi calcoli. Cenni sulle teorie delle collisioni e del complesso attivato. Esempi che illustrano il controllo termodinamico e cinetico delle reazioni chimiche.

### **Le sostanze organiche**

Nomenclatura. Gruppi funzionali e Isomeria strutturale. Acidi, Basi, Elettrofili e Nucleofili (scale, effetti strutturali e ambientali su acidità e basicità, cenni di catalisi acida e basica, risonanza).

Applicazioni delle teorie VB e HMO a sistemi coniugati ( aromaticità, molecole eteroaromatiche più comuni). Stereochimica (isomeria conformazionale, sistemi ciclici, applicazioni a sistemi biologici e naturali, zuccheri). Isomeria geometrica (regole CIP, applicazioni a sistemi biologici e naturali, nucleosidi, amminoacidi). Isomeria ottica (regole CIP, applicazioni a sistemi di interesse biologico e farmacologico). Radicali liberi (struttura e reattività). Le molecole della vita. Struttura e cenni su alcune procedure di sintesi

Reattività dei gruppi funzionali più comuni. Composti organometallici (sintesi e reattività). Reazioni polari: Chimica dei Nucleofili (nucleofili al carbonio, enolati, addizione nucleofila, sostituzione nucleofila al carbonio saturo, sostituzione nucleofila acilica, sostituzione nucleofila aromatica

### **Processi unitari di Laboratorio Chimico**

Processi unitari del laboratorio chimico. (estrazione, distillazione, cristallizzazione). Separazione di miscele mediante tecniche cromatografiche per strato sottile, per colonna e mediante gas-cromatografia e cromatografia liquida ad alta pressione. Caratterizzazione di prodotti attraverso NMR e massa.

## **II ANNO - I Trimestre**

### **Chimica Analitica Classica**

Attività e coefficienti di attività. Generalizzazione del concetto di acido e base. Analisi quantitativa di protoliti. Equilibri con formazione di complessi, titolazione con EDTA. Indicatori cromatici. Equilibri eterogenei. Formazione del precipitato Titolazioni di precipitazione. Equilibri redox. Curve di titolazione. Indicazione del punto finale di una titolazione redox. Valutazione grafica di equilibri con diagrammi logaritmici.

### **Laboratorio di Termodinamica e Cinetica Chimica**

Esperimenti di laboratorio sulle tematiche chimico-fisiche trattate teoricamente nel terzo trimestre del primo anno.

## **Principi di Chimica Inorganica**

-Teoria atomica: Atomo di Bohr; introduzione alle proprietà ondulatorie della materia; l'equazione d'onda; l'atomo di idrogeno; la funzione d'onda radiale ed angolare; funzioni idrogenoidi; orbitali e densità elettronica.

-Legame covalente: Teoria del legame di valenza; teoria degli orbitali molecolari; Ibridazione; livelli energetici ed orbitali molecolari per molecole biatomiche; strutture e geometrie molecolari.

-Proprietà Periodiche: Elettonegatività di Mulliken, Pauling, Allred-Ronchov; Raggi atomici, ionici, covalenti, di Van der Wals, di Lennard-Jones; potenziali di ionizzazione e affinità elettroniche, hardness e potenziali chimici.

-Acidi e basi: Basicità ed acidità in fase gassosa, affinità protonica ed elettronica; sistematica delle interazioni acido-base di Lewis; energie di legame; spugne protoniche; effetti di solvatazione; stabilità di complessi metallici (scale di Irwing-Williams); teoria hard e soft di Pearson; definizione e calcolo del potenziale chimico elettronico, di hardness e di softness; postulato di Sanderson; relazioni fra concetto di hardness e softness e orbitali di frontiera; principio di massima hardness.

## **Elettrochimica**

proprietà delle soluzioni elettrolitiche. La mobilità ionica. Conducibilità elettrica delle soluzioni. Il potenziale elettrodico. Cenni sulle proprietà del doppio strato elettrodico. Scala elettrochimica. Metodi potenziometrici di analisi, Metodi voltammetrici.

## **Chimica degli Elettrofili**

Reazioni polari: Chimica degli Elettrofili (carbocationi, reazioni di addizione/eliminazione). Sostituzione elettrofila aromatica e applicazioni sintetiche. Trasposizioni. Reazioni pericicliche. Regole di Woodward ed Hoffman. FMO. Stato di transizione. Catalisi specifica e catalisi generale.

## **II ANNO - II Trimestre**

### **Laboratorio di chimica Analitica classica**

Esperienze in laboratorio basate sul programma svolto nel modulo di "Chimica Analitica Classica"

### **Chimica Analitica Strumentale**

Potenziometria. Tipi di elettrodi. Misura potenziometrica del pH. Titolazioni potenziometriche. Determinazione del punto equivalente con il metodo di Gran. Metodi elettrochimici: elettrogravimetria, coulombometria a potenziale controllato e a corrente costante. Titolazioni coulombometriche. Sperimentazioni pratiche in riferimento agli argomenti trattati.

### **Teoria atomica e Meccanica Quantistica**

Introduzione alla Meccanica Quantistica: Inadeguatezze della Meccanica Classica (corpo nero e catastrofe ultravioletta, effetto fotoelettrico, spettri a righe degli atomi); Quantizzazione dell'Energia e relazione di Planck  $E=h\nu$ . Principi di Meccanica Ondulatoria: Relazione di De Broglie; Rappresentazione dello stato di una particella mediante una Funzione d'Onda; Modulo quadro della Funzione d'Onda e sua interpretazione fisica: Densità di Probabilità e Probabilità; Principio di Sovrapposizione; Proprietà delle Funzioni d'Onda; Il concetto di Osservabile Fisica; Operatori, Autofunzioni ed Autovalori. Richiami di Meccanica Classica: La Traiettoria delle Particelle, il Problema Rotazionale e l'Oscillatore Armonico. L'Equazione di Schrödinger: Definizione del Problema; Risoluzione dell'Eq. di Schrödinger: La Particella Libera; La Particella confinata nella Scatola Monodimensionale (a pareti infinite); Estensione ai casi bi- e

tridimensionali: Operatore Laplaciano; Operatore Momento Angolare e sue Autofunzioni; La Particella rotante su un Anello; La Particella rotante sulla Sfera: Operatore Legendriano e Funzioni Armoniche Sferiche; L'Oscillatore Armonico: Autofunzioni (Polinomi di Hermite) e Livelli Energetici. Formalismo di Dirac per la rappresentazione delle funzioni d'onda (bra e ket). Principio di Indeterminazione: Commutazione degli Operatori; Espansione delle Funzioni d'Onda nella base delle Autofunzioni di un Operatore Hermitiano; valore di Aspettazione. L'Atomo di Idrogeno: Impostazione del problema; Risoluzione dell'Eq. di Schrödinger: Funzioni d'Onda, Numeri Quantici  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$  ed Energia per Atomi Idrogenoidi; orbitali Atomici. Principio di Born-Oppenheimer: Orbitali Molecolari ( $\sigma$  e  $\pi$ ); Integrale di Sovrapposizione. Livelli Energetici Molecolari.

### **Chimica Organica Applicata**

Sintesi e determinazione strutturale dei principali fitofarmaci impiegati in agricoltura e valutazione del loro impatto ambientale.

Antiossidanti negli alimenti vegetali. Composti Nutraceutici. Funzione biologica. Determinazione strutturale. Dosaggio negli alimenti.

Tecnologie di *imprinting molecolare*, monitoraggio rapido di alimenti. Meccanismo di riconoscimento biosensori).

Catalisi supramolecolare

### **Corsi a scelta ( 4CFU )**

## **II ANNO - III Trimestre**

### **Laboratorio di Analitica Strumentale**

Introduzione:

dimensioni del campione e suoi componenti principali, minori, in tracce e ultratracce. Matrice e interferenze. Segnale, rumore e limite di rilevabilità.

L'errore in chimica analitica e valutazione dei dati:

errori casuali e sistematici. Il metodo dei minimi quadrati per la realizzazione di curve di taratura.

Uso della retta di taratura. Accuratezza e precisione.

Introduzione ai metodi spettrochimici: proprietà generali della radiazione elettromagnetica. Lo spettro elettromagnetico. Assorbimento ed emissione di radiazione elettromagnetica.

Spettroscopia molecolare di assorbimento nel visibile e ultravioletto: l'assorbimento molecolare.

Legge di Lambert e Beer. Deviazioni della legge di Beer. Scelta delle condizioni sperimentali.

Strumentazione. Spettroscopia di assorbimento atomico, emissione atomica e fluorescenza: l'assorbimento atomico.

Strumentazione. Assorbimento atomico a fiamma, assorbimento atomico con fornetto di grafite.

Interferenze. Correzione delle interferenze. Emissione atomica a fiamma, emissione atomica a plasma. Tipi di fluorescenza. Relazione tra intensità e fluorescenza.

Prove pratiche: determinazione spettrofotometrica in UV dello ione nitrato in acqua di rubinetto.

Determinazione tramite assorbimento atomico della concentrazione di alluminio in un campione di acqua.

### **Teorie Spettroscopiche**

I principi di base delle Spettroscopie. IR di molecole biatomiche e poliatomiche: applicazione della Teoria dei Gruppi all'elucidazione di uno spettro IR di molecola poliatomica. NMR: la magnetizzazione. Tecnica impulsata, trasformata di Fourier. Interazioni magnetiche: chemical shift, accoppiamenti indiretti. Struttura dei multipletti.

## **Chimica dei metalli di transizione**

Struttura elettronica e proprietà dei metalli di transizione. I composti di coordinazione: struttura e simmetria di complessi. Termodinamica della formazione di complessi. Modelli e teorie di legame. Cenni su spettri elettronici e magnetismo di complessi.

## **Strutturistica Chimica**

Solidi ionici: Raggi ionici; Raggi covalenti; Raggi di van der Waals; Formazione del legame ionico; Energia reticolare; Il ciclo di Born-Haber; Equazione di Born-Landé; Effetto delle dimensioni; Efficienza nell'occupazione dello spazio; Reticoli cristallini; Rapporto tra i raggi.

Solidi covalenti e Solidi Molecolari. Forze intermolecolari. Il legame a ponte di idrogeno. Sistemi cristallografici e simmetria; Reticoli primitivi e non primitivi; Gruppi punto; Gruppi spaziali. La diffrazione dei raggi X: legge di Bragg; Il reticolo reciproco; Fattori di scattering; Il fattore di struttura; Cenni sui metodi di risoluzione; Visualizzazione della molecola.

## **Processi Unitari di Sintesi**

Un processo unitario (differenziato a coppie di due studenti) che comprenda la sintesi di un intermedio di base e la sua purificazione con tecniche cromatografiche (preferibilmente HPLC)

## **Determinazioni Strutturali Mediante Spettrometria di Massa**

Strumentazione:

sorgente: impatto elettronico e ionizzazione chimica. Analizzatori: settore magnetico, doppia focalizzazione, filtro di massa a quadrupolo, trappola ionica a quadrupolo. Rivelatore.

Spettri di massa: caratteristiche degli spettri di massa. Esempio di frammentazione. Identificazione di un composto per confronto di spettri.

Cromatografia: principi generali. Processi di adsorbimento, ripartizione, scambio ionico, esclusione. Cromatografia liquida e gascromatografia.

Gascromatografia: strumentazione. Effetto della temperatura sui cromatogrammi. Colonne capillari. Gascromatografia-spettrometria di massa.

Analisi quantitativa: acquisizioni in full scan e SIM. Sensibilità e specificità. Calibrazione con standard esterno e calibrazione con standard interno. Scelta dello standard interno. Recupero.

Prova pratica: determinazione tramite spettrometria di massa della percentuale di paracetamolo e caffeina in una compressa di analgesico.

# **CURRICULUM “CONTROLLO DELL’AMBIENTE E DELLA SALUTE”**

## **III ANNO - I Trimestre**

### **Metodi Analitici Avanzati**

Metodi elettrochimici avanzati: voltammetria, polarografia, amperometria. Metodi di separazione tra fasi. Estrazione con solventi. Classificazione delle tecniche cromatografiche.: cromatografia su colonna, gas cromatografia, HPLC, cromatografia su carta e strato sottile.

Sperimentazioni pratiche in riferimento agli argomenti trattati.

### **Elementi di Biochimica**

Catalisi Enzimatica; Metabolismo; Fermentazioni

## **Elementi di Ecologia**

Le macromolecole biologiche: strutture e funzioni.

## **Metodologie Inorganiche**

Metodi spettroscopici di analisi dei complessi: radiazione elettromagnetica e stati di energia, legge di Boltzman; spettroscopia ottica; dicroismo circolare; spettroscopia raman; spettroscopia di luminescenza; risonanza magnetica nucleare; esperimenti di NMR bidimensionale; risonanza paramagnetica elettronica; metodi dipendenti da radiazioni X e  $\gamma$ : EXAFS, effetto Doppler e spettroscopia Mossbauer; metodi elettrochimici: voltammetria ciclica; metodi indiretti: potenziali redox da esperimenti EPR, da spettroscopia ottica, applicazioni dei potenziali redox.

## **Micro-inquinanti e spettrometria di Massa**

Parte generale: Concetti base di spettrometria di massa; formazione di ioni; isotopi; lo spettro di massa; sensibilità, risoluzione e accuratezza strumentale.

Lo spettrometro di massa, sorgenti ionizzanti: impatto elettronico, ionizzazione chimica, ionizzazione chimica a pressione atmosferica, electrospray. Analizzatori: Settore elettrico e magnetico, quadrupolo, tempo di volo. Detector.

Applicazioni ai microinquinanti: Spettrometria di massa tandem; strumenti ibridi, triplo quadrupolo; scansioni di ioni figli, scansioni di ioni precursori, multiple reaction monitoring; analisi qualitativa e quantitativa di microinquinanti; metodi di estrazione; standard esterni e standard interni; soluzioni standard e curve di calibrazione; accuratezza e precisione; RSD %; esempio di utilizzo di uno standard interno a struttura simile: determinazione del rotenone nell'olio; esempio di utilizzo di uno standard interno marcato: il sudan nel peperoncino.

## **I rifiuti**

Sistema di Gestione Integrata dei Rifiuti. Caratterizzazione e classificazione dei rifiuti: criterio "oggettivo" e "soggettivo" di rifiuto; Catalogazione e codifica dei rifiuti: rifiuti urbani e speciali; rifiuti pericolosi. Sostanze infiammabili; sostanze tossiche: gli IPA; sostanze reattive e relazione con la struttura chimica; sostanze corrosive. Pesticidi: insetticidi, erbicidi e anticrittogamici. Insetticidi organoclorurati; DDT e suoi metabolici (DDE): bioaccumulazione e bioconcentrazione; insetticidi organofosforati; diossine; PCB e dibenzofurani; Processi chimici e fisici di trattamento trasformazione e recupero dei rifiuti: Riciclaggio e reimpiego, compostaggio, incenerimento e termovalorizzazione. Smaltimento dei rifiuti. Trattamento acque reflue (BOD e COD).

## **Chimica Inorganica Pratica**

Sintesi e caratterizzazione spettroscopica di complessi inorganici e di coordinazione: tecniche di sintesi e metodi di caratterizzazione.

Sintesi, caratterizzazione e determinazione della purezza dell'ossalato di ferro(II) e del potassio ossalato di ferro (III). Sintesi, caratterizzazione ed analisi spettroscopica di complessi di composizione  $M(acac)_3$  dove  $M = Al, Mn$ . Sintesi, purificazione ed analisi spettroscopica di complessi planari di palladio con leganti tiocianato e trifenilfosfina o trifenilarsina.

## **III ANNO - II Trimestre**

### **Fitofarmaci ed additivi**

Struttura dei principali fitofarmaci impiegati in agricoltura; sintesi. Descrizione dei principali inquinanti organici rilasciati nell'ambiente. Antiossidanti negli alimenti vegetali. Nutraceutici. Funzione biologica. Determinazione strutturale. Dosaggio negli alimenti. Struttura, sintesi, uso, metabolismo dei principali organo-fosforati utilizzati in agricoltura.

Tecnologie di *imprinting molecolare*, monitoraggio rapido di alimenti. Meccanismo di riconoscimento ( biosensori )

### **La diffusione degli inquinanti**

Diffusione e trasporto di inquinanti gassosi nell'atmosfera: distribuzione delle velocità molecolari con la temperatura e la massa molare; velocità relativa e quadratica media; frequenze di collisione; libero cammino medio; proprietà di trasporto (diffusione, conduzione termica ed elettrica, migrazione lungo un gradiente); legge di diffusione di un gas ideale; formula di Poiseuille; modelli per il calcolo della diffusione di inquinanti gassosi nell'atmosfera. Diffusione e trasporto di inquinanti liquidi o solidi nelle acque e nei terreni: mobilità di ioni; conduttanza e conducibilità; elettroliti forti e deboli; relazione di Stokes, coefficiente di diffusione; equazioni di Einstein, di Nernst-Einstein e di Stokes-Einstein; fattori che determinano il movimento e la distribuzione di inquinanti in falde acquifere; modelli per il calcolo della diffusione di inquinanti liquidi o solidi nelle acque e nei terreni.

### **Inquinanti Inorganici**

Aspetti generali dell'inquinamento e interventi programmati. Aspetti legislativi (protocollo di Kyoto,...). Inquinamento dovuto a ossidi gassosi, ozono, metalli pesanti, polveri. Effetto serra, smog fotochimico, buco dell'ozonofera, pioggia acida. Effetti sugli ecosistemi acqua, suolo, aria e sui materiali. Meccanismi di difesa naturali di organismi animali e vegetali: metallotioneine e fitochelatine. Inquinamento radioattivo.

### **Metodi Spettroscopici Avanzati**

Completamento del corso di teorie spettroscopico con argomenti di carattere specifico carattere ambientale. Sperimentazioni pratiche in riferimento agli argomenti trattati nel corso di teorie spettroscopiche.

### **Elementi di Geochimica**

Le falde acquifere e la loro esposizione a meccanismi d'inquinamento. L'arretramento delle coste. I fenomeni di subsidenza naturali ed antropici.

### **Mineralogia Ambientale**

La natura dei suoli in riferimento alla diffusione di inquinanti da discariche.

### **Impianti per il trattamento dei rifiuti**

I depuratori biologici: problematiche di carattere chimico-fisiche connesse al loro corretto funzionamento. Tecniche di riciclaggio di residui solidi urbani e di residui delle produzioni industriali. Gli inceneritori: monitoraggio e problematiche ambientali correlate. Gli impianti di compostaggio. Problematiche ambientali connesse alle discariche di residui solidi urbani. Il trattamento dei residui speciali e tossici Tecniche di bonifica di siti inquinati anche di tipo marino.

### **Moduli a scelta**

## **Elementi di legislazione Ambientale**

Elementi di legislazione ambientale. Il controllo della qualità di processo e di prodotto. La sicurezza sugli ambienti di lavoro.

## **Elementi di Economia Aziendale**

Elementi di Economia Aziendale

## **Moduli a scelta**

**Stages e/o tirocini ( 9 CFU )**

**Prova finale ( 6 CFU )**

# **CURRICULUM “MATERIALI PER APPLICAZIONI INNOVATIVE”**

## **III ANNO - I Trimestre**

### **Metodi Analitici Avanzati**

Metodi elettrochimici avanzati: voltammetria, polarografia, amperometria. Metodi di separazione tra fasi. Estrazione con solventi. Classificazione delle tecniche cromatografiche.: cromatografia su colonna, gas cromatografia, HPLC, cromatografia su carta e strato sottile. Sperimentazioni pratiche in riferimento agli argomenti trattati.

### **Elementi di Biochimica**

Catalisi Enzimatica; Metabolismo; Fermentazioni

### **Elementi di Ecologia**

Le macromolecole biologiche: strutture e funzioni.

### **Proprietà di materiali innovativi**

Trasporto di materia e difetti in cristalli molecolari e ionici. Semiconduttori, materiali ceramici, materiali fotocromici, materiali fotovoltaici: principi, struttura ed applicazioni. I cristalli liquidi termotropici e liotropici: struttura, proprietà chimico fisiche ed applicazioni.

### **Metodologie Inorganiche**

Metodi spettroscopici di analisi dei complessi: radiazione elettromagnetica e stati di energia, legge di Boltzman; spettroscopia ottica; dicroismo circolare; spettroscopia raman; spettroscopia di luminescenza; risonanza magnetica nucleare; esperimenti di NMR bidimensionale; risonanza paramagnetica elettronica; metodi dipendenti da radiazioni X e  $\gamma$ : EXAFS, effetto Doppler e spettroscopia Mossbauer; metodi elettrochimici: voltammetria ciclica; metodi indiretti: potenziali redox da esperimenti EPR, da spettroscopia ottica, applicazioni dei potenziali redox.

### **Spettrometria MALDI**

Concetti base di spettrometria di massa; formazione di ioni; isotopi; lo spettro di massa; sensibilità, risoluzione e accuratezza strumentale.

Lo spettrometro di massa, sorgenti ionizzanti: impatto elettronico, ionizzazione chimica, electrospray.

La ionizzazione MALDI; ruolo della matrice; laser; preparazione del campione: co-cristallizzazione; ionizzazione primaria: meccanismi di formazione di ioni primari; ionizzazione secondaria.

Analizzatori: Settore elettrico e magnetico, quadrupolo, tempo di volo lineare; tempo di volo reflectron; tempo di volo ortogonale; Detector.

Applicazione del MALDI a materiali: analisi di polimeri; cationizzazione; polidispersione e fenomeni di segregazione; Separazione off-line: GPC e SEC. Analisi di complessi porfirinici e problematiche relative alla matrice.

## **Chimica Inorganica Pratica**

Sintesi e caratterizzazione spettroscopica di complessi inorganici e di coordinazione: tecniche di sintesi e metodi di caratterizzazione.

Sintesi, caratterizzazione e determinazione della purezza dell'ossalato di ferro(II) e del potassio ossalato di ferro (III). Sintesi, caratterizzazione ed analisi spettroscopica di complessi di composizione  $M(acac)_3$  dove  $M = Al, Mn$ . Sintesi, purificazione ed analisi spettroscopica di complessi planari di palladio con leganti tiocianato e trifenilfosfina o trifenilarsina.

## **III ANNO - II Trimestre**

### **I polimeri**

La chimica dei polimeri. La caratterizzazione dei polimeri in vista delle prestazioni e del ciclo di vita. Le relazioni proprietà-struttura nei materiali polimerici. Le proprietà ed applicazioni dei biopolimeri.

### **Applicazioni di materiali molecolari**

- Trasporto di carica in materiali organici amorfi, formalismo del disordine. Materiali polimerici e vetrosi per il trasporto di buche ed elettroni.
- Materiali per LED organici; Struttura di LED organici; Fotoluminescenza ed Elettroluminescenza: efficienza, eccitazione, stato eccitato, diseccitazione.
- Materiali organici per celle fotovoltaiche; Principio di funzionamento; Energetica: livelli HOMO-LUMO e funzione lavoro agli elettrodi; Curve caratteristiche di celle fotovoltaiche; Efficienza.
- Elettrocromismo: Materiali ed efficienza; Potenziali standard e voltammetria; Tipi e strutture di celle elettrocromiche.

### **Materiali molecolari innovativi**

Macchine molecolari azionate dalla luce - Magnetici molecolari.

Materiali Molecolari Fotorifrattivi.

### **Analisi di materiali innovativi**

Introduzione alla diffrazione di raggi X da polveri microcristalline: generazione di raggi X; diffrattometri per polveri; sistemi di rivelazione di raggi X (area detectors); legge di Bragg e calcolo dei parametri di cella da distanze interplanari in tutti i sistemi cristallini.

Applicazioni della diffrazione di raggi X da polveri microcristalline: analisi qualitativa e quantitativa. Riconoscimento di materiali e relative fasi cristalline; indicizzazione di spettri di polveri con determinazione dei parametri di cella in sistemi altamente simmetrici.

### **Materiali innovativi inorganici**

Forme allotropiche di Carbonio: loro disponibilità, metodi di preparazione e proprietà fisiche. Caratteristiche strutturali ed applicazioni avanzate di diamante, grafite, fullereni e nanotubi di carbonio. Carburi: solidi metallici duri e altro ancora.

### **Processi di produzione**

Introduzione alla analisi meccanica dinamica. Concetti di reologia di base: stress, strain e flusso. Reologia di base: creep e rilassometria meccanica. Analisi in Cinematica Asintotica. Esperimenti tempo-temperatura: transizioni nei polimeri. Esperimenti in frequenza.

### **Metodi Spettroscopici Avanzati**

Completamento del corso di teorie spettroscopiche con argomenti di carattere specifico a carattere ambientale. Sperimentazioni pratiche in riferimento agli argomenti trattati nel corso di teorie spettroscopiche.

### **Moduli a scelta**

## **III ANNO - III Trimestre**

**Moduli a scelta ( 6 CFU )**

**Stages e/o tirocini ( 9 CFU )**

**Prova finale**