



**TOR VERGATA**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

## **GUIDA DIDATTICA del CORSO di LAUREA in CHIMICA**

### **L'orizzonte culturale**

Il nostro attuale modello di vita è basato sulla chimica. Dai prodotti per l'igiene ai vestiti che indossiamo, ai mezzi di trasporto che usiamo, ai circuiti che fanno funzionare lettori CD e cellulari, alle medicine. Tutto questo funziona grazie alle ricerche e all'inventiva dei chimici, alla loro capacità di progettare nuovi materiali e nuovi metodi per produrli. Nessuna delle tecnologie che utilizzeremo potrà esistere senza lo studio e il lavoro dei chimici del futuro: cioè degli studenti che oggi decidono di diventare chimici e cominciano a entrare in laboratorio con la loro curiosità e la loro fantasia. Di più, la chimica può fornire le soluzioni più appropriate per i grandi problemi di domani: una produzione ecosostenibile, l'alimentazione di miliardi di persone, nuovi farmaci. Per ottenere questi fondamentali risultati bisogna conoscere la struttura intima della materia e le sue trasformazioni. Per questo nel corso di laurea in Chimica della Macroarea di Scienze di Tor Vergata è data così grande importanza sia alla formazione di base che alle attività di laboratorio, allo scopo di acquisire sia le conoscenze teoriche che le tecniche strumentali essenziali alla formazione di un chimico. Insieme alle prime esperienze pratiche, si studiano la matematica, la fisica e i fondamenti della chimica: si studiano le reazioni chimiche, i metodi per determinare la struttura delle molecole, per isolarle, analizzarle e utilizzarle in modo controllato. Un laureato in chimica è molto richiesto perché le sue competenze sono indispensabili in molti settori della ricerca e della produzione. Gli sbocchi professionali sono dunque numerosi: i chimici sono indispensabili per il controllo ambientale, sanitario e della sicurezza alimentare negli enti preposti e nelle strutture private. La produzione industriale alimentare, chimica, farmaceutica, cosmetica, elettronica, è basata sul lavoro dei chimici. Poi c'è la ricerca, all'università o negli enti di ricerca (CNR, ENEA, ISS). Non tutti sanno che l'area romana è la prima in Italia per numero di ricercatori e presenza di enti di ricerca nel territorio. È lo sbocco naturale per chi dopo la laurea triennale e magistrale prosegue con il dottorato di ricerca. In ogni caso, la formazione acquisita nel corso di laurea di Tor Vergata è un ottimo biglietto da visita, perché vuol dire aver studiato in uno dei centri di ricerca più prestigiosi d'Italia, il cui valore scientifico è riconosciuto a livello internazionale. E vuol dire aver avuto la possibilità di essere seguiti dai docenti molto da vicino, nelle aule e nei laboratori: il rapporto tra numero dei professori e studenti è infatti molto elevato, e permette un contatto continuo tra docente e studente. L'ampia possibilità di impiego di chi è laureato in chimica dipende anche dalle molte e diversificate competenze del chimico. Il chimico analitico studia metodi e procedure con cui si determinano il tipo e la quantità delle diverse sostanze presenti, ad esempio negli alimenti o nell'acqua di un fiume. Lavora in tutti i settori dell'industria, nella difesa dell'ambiente, nel controllo della sicurezza degli alimenti, e a volte entra anche nei tribunali. Il biochimico, invece, studia i processi chimici alla base della vita, dando un contributo fondamentale allo sviluppo di nuovi farmaci o alla comprensione dei meccanismi con cui le molecole biologiche esplicano la loro attività. Il chimico fisico studia le cause e i meccanismi dei fenomeni

chimici, fornendo schemi e modelli interpretativi a tutta la chimica. È lui che sviluppa e controlla le scienze dell'infinitamente piccolo: le nanoscienze. Infine, ci sono i chimici organici e i chimici inorganici che si trovano in tutti i laboratori di ricerca e in tutte le industrie: sono loro che progettano e sintetizzano le nuove molecole e i nuovi materiali che saranno alla base di tutte le future tecnologie. Sono loro che lavorano per trovare metodi di sintesi ecocompatibili, che permettano una produzione chimica meno inquinante verso l'ambiente e meno costosa dal punto di vista energetico. L'obiettivo principale della Laurea Triennale è la formazione di base degli studenti e l'attività didattica è concentrata in pochi corposi esami per ogni ciclo didattico. L'accesso al corso di laurea senza obblighi formativi è legato al superamento di una prova di ingresso obbligatoria, costituita da domande elementari di matematica. Per tutto il corso di laurea, gli studenti potranno avvalersi di un tutor nominato all'inizio dell'anno accademico. Come conclusione degli studi il corso di laurea triennale prevede una attività di tirocinio di 3 mesi che può essere svolta sia nei laboratori dell'Università, sia presso altri centri di ricerca pubblici o privati.

### **Il corso di studi in breve**

Il percorso formativo si propone di garantire l'acquisizione di solide basi teoriche e pratiche nei diversi ambiti culturali della chimica. Ad ogni studente immatricolato viene assegnato un docente tutor che lo segue e lo consiglia durante tutto il percorso formativo. La durata del corso di laurea in Chimica è di tre anni accademici ed è proposto in unico indirizzo.

Il corso è erogato in modalità convenzionale e la durata normale del corso è stabilita in 3 anni. Per conseguire la laurea lo studente deve aver acquisito 180 crediti, comprensivi di quelli relativi alla conoscenza obbligatoria, oltre che della lingua italiana, di una lingua dell'Unione Europea.

Lo studente acquisisce i crediti previsti per ogni corso di insegnamento (o insieme di essi), o attività formativa, con il superamento di una prova di esame. La frequenza ai corsi è libera (anche se fortemente consigliata), fatti salvi gli adempimenti didattici obbligatori (prove di verifica, esercitazioni di laboratorio). Lo studente iscritto ad un corso deve sostenere l'esame alla fine del corso stesso. Sono previsti almeno 6 appelli per ogni anno accademico, 2 alla fine di ogni semestre didattico con la possibilità di concordare una prova aggiuntiva straordinaria.

### **Modalità di accesso**

Per essere ammessi al corso di laurea occorre essere in possesso di un diploma di scuola secondaria superiore o di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo. È altresì richiesto il possesso o l'acquisizione di un'adeguata preparazione iniziale. Prerequisiti necessari per iniziare regolarmente gli studi sono l'aver adeguata conoscenze di base nel campo della Matematica, a livello di scuola secondaria. La struttura didattica fornisce agli studenti che intendono iscriversi una valutazione delle proprie conoscenze di base in Matematica attraverso un test di verifica non selettivo, il cui esito non preclude la possibilità di immatricolarsi, ma ha lo scopo di verificare il grado di possesso delle conoscenze indispensabili e segnalare in anticipo allo studente eventuali carenze.

La partecipazione al test è necessaria per la successiva iscrizione al corso di laurea; sono esonerati dal test di valutazione gli studenti che abbiano conseguito nell'esame di stato conclusivo del percorso di studio di istruzione secondaria superiore un voto pari o superiore a 95/100 (o 57/60).

Il test di verifica:

- **si svolgerà in modalità "a distanza"** contestualmente alla immatricolazione, su una piattaforma web appositamente predisposta

- **sarà gratuito**

- **potrà essere svolta dallo studente in qualsiasi momento ed in totale autonomia.**

L' idoneità si consegue raggiungendo **un punteggio minimo di 8**. Gli studenti che non conseguono il punteggio minimo stabilito potranno comunque immatricolarsi ma verranno assegnati loro specifici obblighi formativi aggiuntivi, con la frequenza di un apposito corso di matematica di base e l'obbligo di conseguire i crediti relativi all'insegnamento di Analisi Matematica I nel primo anno di corso, per potersi poi iscrivere agli anni successivi. Lo studente che non soddisfa tale obbligo dovrà iscriversi nuovamente al I anno di corso, conservando i crediti acquisiti negli altri insegnamenti.

### **Immatricolazione al Corso di Laurea**

Tutte le informazioni sono riportate nell' *Avviso Immatricolazioni ad Accesso Libero* pubblicato nella sezione *Corsi di Laurea Triennale ad accesso Libero* del sito della Macroarea di Scienze al link <https://www-2022.scienze.uniroma2.it/corsi-di-laurea-ad-accesso-libero/>

Inizio delle lezioni:            I semestre    inizio 02 Ottobre 2023 fine 19 Gennaio 2024  
   II semestre    inizio 04 Marzo 2024 fine 07 Giugno 2024

Tutte le informazioni sul Corso di Laurea Triennale in Chimica sono riportate al link <https://www-2022.scienze.uniroma2.it/2022/10/18/chimica/>

### **Trasferimenti**

Il trasferimento da altri atenei può essere accolto in base alle possibilità logistiche e allo studente potranno essere riconosciuti i crediti conseguiti nella sua carriera. Gli studenti dovranno presentare domanda preliminare entro i termini indicati sul bando di ammissione.

Il Consiglio di Corso di Studio propone pareri al Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche sul riconoscimento di crediti relativi ad attività formative pregresse, valutandone la congruità con gli obiettivi didattici e formativi del corso di laurea, assicurando il riconoscimento del maggior numero possibile dei crediti già maturati dallo studente. Il Consiglio di Corso di Studio potrà valutare la necessità di colloqui e/o prove integrative per la verifica delle conoscenze effettivamente possedute dallo studente.

### **Obiettivi formativi**

Gli obiettivi formativi specifici del corso di laurea in Chimica sono strettamente correlati alle discipline fondamentali, che forniscono una preparazione di base sia per l'inserimento nel mondo del lavoro che per la prosecuzione degli studi per il conseguimento della Laurea Magistrale e del Dottorato di Ricerca o attraverso corsi di Master.

La laurea in Chimica viene conferita agli studenti che abbiano conseguito i risultati di apprendimento descritti nel seguito secondo i "descrittori di Dublino".

Questi risultati vengono conseguiti attraverso la frequenza a corsi e laboratori. I corsi sono suddivisi di norma in una parte teorica ed una parte costituita da esercitazioni volte alla soluzione di problemi; la verifica dell'apprendimento si basa su prove scritte (che possono essere svolte in itinere e alla fine del corso) ed esami

orali.

I corsi di laboratorio prevedono una parte introduttiva ex-cathedra ed una parte svolta in laboratorio dagli studenti, suddivisi in piccoli gruppi, sotto la guida dei docenti; la verifica dell'apprendimento si basa su relazioni di laboratorio, di gruppo e/o individuali, elaborate di norma durante il corso, ed esami orali.

I corsi di laboratorio comprendono anche attività di tirocinio formativo, alle quali possono aggiungersi altre attività specifiche di orientamento al mondo del lavoro.

La quota dell'impegno orario complessivo a disposizione dello studente per lo studio personale o per altra attività formativa di tipo individuale è pari ad almeno il 60% dello stesso.

### **Risultati di apprendimento attesi, espressi tramite i descrittori di Dublino del titolo di studio**

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)

Il laureato triennale:

- è in grado di eseguire calcoli stechiometrici e operazioni pratiche in relazione alla preparazione di soluzioni a concentrazione nota; di eseguire calcoli elementari di bilancio energetico, determinazioni di costanti di equilibrio, di costanti cinetiche e di ordini di reazione; di utilizzare tecniche e metodologie di tipo chimico-fisico (calorimetria, elettrochimica e spettroscopia di base) anche per ricavare proprietà molecolari e per riconoscimenti strutturali;
- è in grado di eseguire sintesi e caratterizzazione di composti semplici utilizzando procedure standard, pratiche sicure di laboratorio e strumentazione standard di laboratorio; di scegliere il metodo di separazione migliore per un dato problema analitico, separazioni e purificazioni standard (cromatografia su colonna, cristallizzazione, distillazione, estrazione liquido-liquido); è in grado di utilizzare le tecniche e le metodologie analitiche più comuni, e scegliere la tecnica ritenuta più appropriata per perseguire un determinato obiettivo; è in grado di eseguire titolazioni entro limiti di errore accettabili e utilizzare le tecniche spettroscopiche atomiche e molecolari, le tecniche cromatografiche (GC e HPLC) e le tecniche elettrochimiche (potenziometria e conduttimetria, voltammetria) per condurre analisi qualitative e quantitative; di effettuare il campionamento, la preparazione del campione e la documentazione dell'analisi eseguita;
- è capace di raccogliere ed interpretare dati scientifici attraverso l'osservazione e le misure di laboratorio;
- è capace di eseguire il calcolo e presentare il risultato dell'analisi con l'incertezza associata.

Tali contenuti verranno acquisiti mediante crediti formativi su insegnamenti di base, caratterizzanti e affini. Al fine del conseguimento di tali capacità verranno svolte esercitazioni numeriche e di laboratorio.

- possiede competenze informatiche di base relativamente a sistemi operativi, word processing, fogli elettronici, utilizzazione di basi di dati, uso di Internet; possiede competenze nella gestione delle informazioni, comprese quelle ottenibili da ricerche on-line. Lo sviluppo di tali capacità è parte integrante delle attività di laboratorio e di tirocinio.

- è in grado di utilizzare in sicurezza le sostanze chimiche, incluso il loro corretto smaltimento.

Tale capacità verrà acquisita mediante corsi di prevenzione e sicurezza in laboratorio e sarà comunque parte integrante di tutte le attività di laboratorio previste.

I risultati di apprendimento verranno verificati attraverso prove in itinere svolte durante il corso, esercitazioni numeriche e di laboratorio, esami finali orali e scritti.

Autonomia di giudizio (making judgements)

Il laureato:

- è capace di raccogliere ed interpretare rilevanti dati scientifici derivati dall'osservazione e dalla misurazione in laboratorio;

- è capace di programmare e condurre un esperimento; progettarne i tempi e le modalità, esercitare capacità autonoma di giudizio nel valutare e quantificare il risultato;

- è capace di formulare un problema analitico e di proporre idee e soluzioni;

- è in grado di dare giudizi che includano riflessioni su importanti questioni scientifiche ed etiche;

- è capace di adattarsi ad ambiti di lavoro e tematiche diverse;

- è capace di reperire e vagliare fonti di informazione, dati, letteratura chimica.

Sarà in grado di valutare l'impatto ambientale delle procedure chimiche adottate.

La maturazione di tali capacità verrà sviluppata attraverso la frequenza dei corsi impartiti ed in particolare mediante attività di laboratorio. A questo riguardo saranno particolarmente importanti le attività di tirocinio e quelle previste per la preparazione della prova finale.

I risultati di apprendimento verranno verificati attraverso prove in itinere svolte durante il corso, esercitazioni numeriche e di laboratorio, esami finali orali e scritti.

Abilità comunicative (communication skills)

Il laureato:

- è capace di comunicare, oralmente o per iscritto, informazioni, idee, problemi e soluzioni di tipo scientifico;

- è capace di comunicare in forma scritta e orale nella propria lingua ed in un'altra europea nell'ambito delle attività e dei rapporti professionali;

- è capace di interagire con altre persone e di condurre attività in collaborazione;

- è capace di elaborare e presentare dati sperimentali anche con l'ausilio di sistemi multimediali;

- è capace di descrivere e di comunicare in termini semplici e critici argomenti di carattere generale.

La maturazione di tali capacità verrà sviluppata attraverso la frequenza di corsi dedicati all'apprendimento di lingue straniere e di tecniche informatiche di base. A questo riguardo saranno particolarmente importanti le attività di tirocinio e quelle previste per la preparazione della prova finale. In particolare, la prova finale prevede la stesura di una relazione scritta originale e la sua esposizione mediante l'ausilio di sistemi multimediali.

I risultati di apprendimento verranno verificati attraverso attività seminariali e quelle previste per il superamento della prova finale.

Capacità di apprendimento (learning skills)

Il laureato:

- è in grado di intraprendere studi futuri con un sufficiente grado di autonomia e di continuare la propria formazione professionale;

- è capace di lavorare per obiettivi, in gruppo o in modo autonomo;

- è in grado di adattarsi ad ambiti di lavoro e tematiche diverse.

A questo riguardo sono particolarmente importanti le attività di tirocinio e di preparazione della prova finale. La verifica di tali capacità verrà effettuata attraverso attività seminariali e in sede di prova finale.

## **Struttura della didattica**

### Frequenza

Gli insegnamenti hanno una durata semestrale. La frequenza ai corsi è in genere non obbligatoria, sebbene sia fortemente consigliata, mentre è obbligatoria la frequenza alle esercitazioni di laboratorio. Informazioni dettagliate al riguardo sono riportate nella Scheda dell'Insegnamento per ogni singolo corso.

### Propedeuticità

L'esame di Chimica Generale è **propedeutico a tutti gli esami di chimica**. L'esame di Analisi Matematica I è propedeutico all'esame di Analisi Matematica II, di Fisica Generale I e di Chimica Fisica I e laboratorio. L'esame di Fisica Generale I è propedeutico all'esame di Fisica Generale II e Chimica Fisica I e laboratorio. L'esame di Fondamenti di Chimica Analitica è propedeutico all'esame di Chimica Analitica I. L'esame di Chimica Organica I con elementi di laboratorio è propedeutico all'esame di Chimica Organica II e all'esame di Chimica Biologica. L'esame di Chimica Fisica I e laboratorio è propedeutico all'esame di Chimica Fisica II. L'esame di Chimica Inorganica I è propedeutico all'esame di Chimica Inorganica II. L'esame di Chimica Analitica II è propedeutico all'esame di Chimica Analitica III. L'esame di Fisica Generale II è propedeutico all'esame di Chimica Organica III.

L'esame di Chimica Fisica II è propedeutico all'esame di Chimica Fisica III. Gli esami di Chimica Organica I con elementi di laboratorio e Chimica Organica II sono propedeutici all'esame di Laboratorio di Chimica Organica. L'esame di Chimica Fisica 1 e laboratorio è propedeutico all'esame di Laboratorio di Chimica Fisica. La valutazione della prova di esame degli insegnamenti avviene in trentesimi. Al voto d'esame finale possono contribuire come credito i voti conseguiti nelle prove in itinere. In tal caso gli studenti dovranno essere informati, all'inizio del corso, sul numero e sulle date delle prove in itinere previste e su come contribuiranno al voto finale. Informazioni dettagliate sui criteri di valutazione della prova di esame sono riportate nella Scheda dell'Insegnamento di ogni singolo corso.

Per le attività di tirocinio e per le ulteriori attività non riconducibili ad insegnamenti, viene certificato l'avvenuto superamento della prova, con relativa valutazione, che può essere espressa con un giudizio di idoneità. Tutti gli esami sono valutati in trentesimi con eccezione di: Lingua straniera (inglese) e Pratiche di Laboratorio Chimico valutati con idoneità.

### Tutorato

Il Tutorato è finalizzato ad orientare ed assistere gli studenti lungo il corso degli studi, e a rimuovere gli ostacoli ad una proficua frequenza dei corsi, anche attraverso iniziative rapportate alle necessità, alle attitudini ed alle esigenze dei singoli. All'inizio di ogni anno accademico viene nominato un tutore per ogni studente immatricolato. L'elenco degli studenti immatricolati assegnati ai diversi tutor è pubblicato sul sito del corso di laurea.

### Tirocini/Stage

Le attività pratiche di laboratorio e/o di tirocinio per la prova finale devono avvenire con l'assistenza e sotto la

responsabilità di un tutore che concorda con lo studente l'argomento oggetto della prova.

Le attività possono essere svolte sia nei laboratori dell'Università, sia presso altri centri di ricerca pubblici o privati sia in Italia che all'estero. La segreteria della macroarea di Scienze cura l'organizzazione dei tirocini formativi presso enti di ricerca esterni o aziende.

Tutte le informazioni si possono trovare a partire dal seguente link:

<https://www-2022.scienze.uniroma2.it/2022/10/31/stage-e-tirocini-l-27-3/>

### **Attività a scelta (AAS)**

È previsto un solo curriculum di studi in cui sono contemplati 12 cfu di attività a scelta di carattere scientifico. Gli studenti sono tenuti a specificare le attività a scelta mediante la scheda riepilogativa pubblicata al link <https://www-2022.scienze.uniroma2.it/2022/10/31/lauree-l-27-2/> . Il modulo deve essere consegnato alla segreteria didattica contestualmente alla domanda di laurea. I crediti acquisiti per insegnamenti aggiuntivi rispetto a quelli necessari per concludere il percorso di studio rimangono registrati nella carriera dello studente e possono essere successivamente riconosciuti ai sensi della normativa in vigore. Le valutazioni ottenute negli insegnamenti aggiuntivi non rientrano nel computo della media dei voti degli esami di profitto, ma sono inserite nel diploma supplement.

### **Prova finale**

Lo studente dovrà dare comunicazione dell'inizio del lavoro relativo alla prova finale compilando il modulo disponibile sul sito della Macroarea di Scienze al link <https://www-2022.scienze.uniroma2.it/2022/10/13/stage-e-tirocini/> .

Lo studente dovrà presentare la domanda di laurea compilando il modulo disponibile sul sito Delphi <http://delphi.uniroma2.it/totem/jsp/index.jsp>, almeno **20 giorni** prima della sessione di laurea. Una copia del modulo dovrà essere consegnata presso la Segreteria Didattica del CdS (Macroarea di Scienze) con il nome del docente relatore ed il titolo della tesi.

Per sostenere la prova finale del corso di laurea lo studente deve avere superato tutti gli esami di profitto relativi agli insegnamenti inclusi nel proprio piano di studi, le eventuali prove di idoneità ed essere in regola con il versamento delle tasse e dei contributi richiesti. Per conseguire la laurea lo studente deve aver acquisito 180 CFU, comprensivi di quelli relativi alla conoscenza obbligatoria, oltre che della lingua italiana, di una lingua dell'Unione europea, fatte salve le norme speciali per la tutela delle minoranze linguistiche. La prova finale consiste nella discussione di una relazione (scritta) in cui il candidato dimostri di saper discutere una problematica di interesse chimico approfondita durante un tirocinio obbligatorio presso un laboratorio dell'Università, oppure, previa autorizzazione del Consiglio di corso di studio e sotto il controllo di un relatore scientifico interno, presso un laboratorio di altro ente (pubblico o privato) riconosciuto. Gli studenti debbono inviare una comunicazione scritta di inizio attività di tirocinio alla Segreteria Didattica del corso di studio. L'impegno temporale dedicato alla prova finale, e in particolare il periodo di tirocinio, non può eccedere i limiti fissati dai 15 CFU previsti nell'ordinamento didattico. La Commissione preposta all'esame conclusivo è costituita da 5 componenti, docenti dell'Ateneo e viene nominata dal Direttore del dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche, su proposta del Coordinatore del corso di studio.

La determinazione della votazione viene effettuata a partire dal voto di partenza, definito dalla media pesata dei voti degli esami; tale voto viene incrementato di 0.33 punti per ogni lode conseguita al superamento degli

esami; tale voto potrà essere incrementato per un massimo di 10 punti (2 punti per ciascun commissario) secondo lo svolgimento della prova finale; 1 punto aggiuntivo viene assegnato qualora lo studente si laurei in corso; la lode può venire assegnata (a giudizio della Commissione, secondo lo svolgimento della prova finale) nel caso in cui il voto di partenza (dopo la correzione per le lodi conseguite negli esami) sia uguale o superiore a 102. La relazione e la relativa discussione della prova finale possono essere svolte in lingua inglese, previa domanda del candidato ed approvazione del Consiglio di Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche. Le prove finali per il conseguimento della laurea relative a ciascun anno accademico devono svolgersi entro il mese di maggio dell'anno accademico successivo; entro tale data possono essere sostenute dagli studenti iscritti all'anno accademico precedente senza necessità di reinscrizione. Le prove finali si svolgono nell'arco di almeno tre sessioni distribuite, ove possibile, nei seguenti periodi: da giugno a luglio; da settembre a dicembre; da febbraio ad aprile. I periodi in cui si svolgono le prove finali vengono pubblicizzati sul sito web del corso di laurea all'inizio di ogni anno accademico.

## OFFERTA FORMATIVA

### 1° ANNO

#### I semestre

[A]	MAT/05	Analisi Matematica I	9 cfu
[A]	CHIM/03	Chimica Generale	12 cfu
[F]	CHIM/03	Pratiche di Laboratorio Chimico	3 cfu
[-]	L-LIN/12	Inglese Livello B2	3 cfu

#### II semestre

[B]	CHIM/03	Chimica Inorganica I	6 cfu
[A]	CHIM/06	Chimica Organica I	9 cfu
[A]	FIS/01	Fisica Generale I	9 cfu
[A]	CHIM/01	Fondamenti di Chimica Analitica	6 cfu

### 2° ANNO

#### I semestre

[A]	MAT/05	Analisi Matematica II	6 cfu
[B]	CHIM/01	Chimica Analitica I	6 cfu
[C]	CHIM/03	Chimica Inorganica II	6 cfu
[B]	CHIM/06	Chimica Organica II	9 cfu
[F]	INF/01	Programmazione	3 cfu

#### II semestre

[B]	CHIM/01	Chimica Analitica II	6 cfu
[A]	CHIM/02	Chimica Fisica I e laboratorio	9 cfu
[A]	FIS/01	Fisica Generale II	9 cfu
[-]	L-LIN/12	Inglese Livello C1	3 cfu

### 3° ANNO

#### I semestre



[C]	CHIM/01	Chimica Analitica III	9 cfu
[B]	CHIM/02	Chimica Fisica II	9 cfu
[B]	CHIM/06	Chimica Organica III	6 cfu

**II semestre**

[B]	BIO/10	Chimica Biologica	9 cfu
[C]	CHIM/02	Chimica Fisica III	6 cfu
		Corso a scelta*	6 cfu
		Corso a scelta*	6 cfu
[E]		Prova Finale	15 cfu

\*Tra i corsi a scelta sono consigliati i seguenti insegnamenti:

BIO/10	Biotechnologie e Biochimica Applicata	6 cfu
CHIM/01	Laboratorio di Chimica Analitica	6 cfu
CHIM/02	Laboratorio di Chimica Fisica	6 cfu
CHIM/06	Laboratorio di Chimica Organica	6 cfu
CHIM/03	Laboratorio di Chimica Generale	6 cfu (erogato nell'a.a. 24-25)
CHIM/07	Laboratorio di Chimica per le Tecnologie	6 cfu (erogato nell'a.a. 24-25)

Legenda:

- [A] Insegnamenti di Base
- [B] Insegnamenti Caratterizzanti
- [C] Insegnamenti Affini e Integrativi
- [E] Prova finale

Si fa notare inoltre che i due corsi a scelta libera, saranno verbalizzati e conterranno nella media come un unico esame (con voto pari alla media dei singoli voti, pesati con i relativi crediti).

I corsi a scelta saranno considerati nel calcolo della media solo se riconosciuti di carattere scientifico dal Consiglio di Dipartimento.

## PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

### ANALISI MATEMATICA I - 9 CFU

**Prof. Lucio Damascelli**

Insiemi, funzioni, numeri. Limiti e derivate di funzioni di una variabile reale e loro proprietà. Teoremi del calcolo differenziale e loro applicazioni. Calcolo di limiti con l'aiuto del Teorema di de l'Hospital e della formula di Taylor. Studio di funzioni. Integrali definiti di una funzione continua in un intervallo limitato. Teorema e formula fondamentale del calcolo integrale. Integrali indefiniti, regole di sostituzione immediata e

di integrazione per parti. Integrali impropri. Equazioni differenziali a variabili separabili, lineari a coefficienti costanti del primo e secondo ordine. Vettori, matrici e operazioni su di essi. Determinanti e loro calcolo. Rango di una matrice e suo calcolo. Sistemi lineari. Regola di Cramer. Teorema di Rouchè-Capelli e applicazioni. Cenni sulle applicazioni lineari. Autovalori e autovettori di matrici quadrate, autospazi di un autovalore, molteplicità algebrica e geometrica di un autovalore, matrici diagonalizzabili.

Testi adottati: Bramanti, Pagani, Salsa - Matematica - Calcolo infinitesimale e Algebra Lineare (Zanichelli)  
Crasta, Malusa - Elementi di Analisi Matematica e Geometria (La Dotta)

## **ANALISI MATEMATICA II - 6 CFU**

**Prof. Lucio Damascelli**

Topologia del piano e dello spazio, funzioni continue. Derivate parziali e direzionali, differenziale di una funzione scalare. Estensione al caso vettoriale. Teoremi del calcolo differenziale. Massimi e minimi liberi. Curve e superfici parametriche. Integrali doppi e tripli, cambi di variabile. Integrali curvilinei, campi vettoriali e forme differenziali, Forme chiuse ed esatte. Integrali superficiali, flussi. Teoremi di Green, della divergenza e cenni sul teorema di Stokes. Funzioni implicite ed estremi vincolati. Serie numeriche, criteri di convergenza. Serie di funzioni e di potenze, cenni sulle serie di Fourier. Complementi sulle equazioni differenziali ordinarie.

Testi adottati: Bramanti, Pagani, Salsa - Matematica - Calcolo infinitesimale e Algebra Lineare (Zanichelli)  
Eventuali integrazioni su appunti del docente

## **BIOTECNOLOGIE E BIOCHIMICA APPLICATA - 6 CFU**

**Prof.ssa Anna Maria Caccuri**

Cenni di struttura e replicazione del DNA, sintesi del RNA e delle proteine. Analisi del DNA e RNA, sequenziamento del DNA, PCR, RT PCR, microarray a DNA. Tecnologia del DNA ricombinante per la produzione di proteine ricombinanti in batteri e cellule eucariotiche: vettori di clonaggio ed espressione, enzimi di restrizione.

Estrazione, purificazione ed analisi delle proteine.

Centrifugazione: principi generali. Centrifugazione preparativa e sue applicazioni: differenziale, in gradiente di densità. Centrifugazione analitica e sue applicazioni. Cromatografia: principi generali, cromatografia a scambio ionico, cromatofocusing, a interazione idrofobica, di esclusione, di affinità.

Elettroforesi: principi generali; Supporti: gel di agar, gel di poliacrilammide; elettroforesi di acidi nucleici; elettroforesi di proteine: elettroforesi nativa, in SDS; rivelazione; Western blotting; focalizzazione isoelettrica; elettroforesi bidimensionale. Tecniche radioisotopiche: rilevazione e misura della radioattività, autoradiografia, impiego dei radioisotopi in biochimica. Tecniche immunochimiche: principi generali, dosaggio immunoenzimatico. Metodi per dosare le proteine e l'attività enzimatica; esempi di saggi enzimatici.

Testi adottati: "Metodologie Biochimiche" Bonaccorsi di Patti MC et al. Zanichelli.

"Metodologie di base per la Biochimica e la Biotecnologia" A.J. Ninfa e D.P. Ballau. Zanichelli.

"Metodologie Biochimiche e Biomolecolari" M Maccarrone. Zanichelli.

Materiale fornito dal docente

## **CHIMICA ANALITICA I - 6 CFU**

**Prof.ssa Laura Micheli**

**(insegnamento fruito dal corso di laurea in Chimica Applicata)**

Nozioni preliminari: preparazione del campione per l'analisi, attendibilità dell'analisi, precisione dell'analisi e metodi per determinarla, accuratezza dell'analisi, errori (sistematici e casuali), cifre significative.

Introduzione all'analisi chimica qualitativa inorganica. - Norme di sicurezza in un laboratorio chimico e prevenzione dei rischi di laboratorio. - Generalità sulle operazioni di laboratorio. - Aspetti teorici dei processi di dissoluzione e precipitazione. - Idrolisi dei sali: proprietà acido-base di anioni, cationi e sali. - Analisi degli anioni. - Analisi dei cationi (analisi sistematica classica con suddivisione in 5 gruppi analitici). - Guida all'identificazione di sostanze inorganiche incognite). - Analisi di tracce: i saggi limite. Concetti generali con riferimento in particolare ai saggi limite riportati in F.U. - Teoria del colore: relazione tra il colore e le proprietà elettroniche di ioni e molecole. - Cenni sulle implicazioni biochimiche, chimico-farmaceutiche e tossicologiche delle sostanze inorganiche oggetto d'analisi.

Esercitazioni di laboratorio: Analisi per via secca: saggi alla fiamma; saggi alle perle; saggi di solubilità.

Analisi per via umida: Primo gruppo analitico (Pb, Hg, Ag): cloruri insolubili in acidi: parte sperimentale. Secondo gruppo analitico (Sn, As, Sb, Bi, Cd, Cu) solfuri insolubili in acidi: parte sperimentale. Terzo gruppo analitico (Al, Fe, Cr, Mn): idrossidi insolubili in ambiente alcalino: parte sperimentale. Quarto gruppo analitico (Co, Ni, Zn) solfuri insolubili in alcali: parte sperimentale. Quinto gruppo analitico: carbonati insolubili in alcali. Analisi degli anioni: (Cl<sup>-</sup>; Br<sup>-</sup>; I<sup>-</sup>; CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>; C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>; CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

Introduzione alla cromatografia, con particolare attenzione all'analisi cromatografica su strato sottile (TLC)

Esercitazioni di laboratorio (prove in itinere in laboratorio, a posto singolo). Riconoscimento mediante cromatografia su strato sottile. Riconoscimento cationi del I gruppo. Riconoscimento cationi del III gruppo Riconoscimento anioni.

Prova incognita, con riconoscimento di due cationi ed un anione incognito in un campione solido

Testi adottati: Chimica Analitica Qualitativa, A. Araneo, Casa editrice Ambrosiana Milano; Chimica analitica. Analisi quantitativa e qualitativa, Adelaide Crea, Luisa Falchet, Casa editrice Zanichelli

**CHIMICA ANALITICA II - 6 CFU**

**Prof.ssa Fabiana Arduini – Dr.ssa Noemi Colozza**

**(insegnamento fruito dal corso di laurea in Chimica Applicata)**

Esattezza, precisione, accuratezza, LOD, LOQ, linearità di risposta, sensibilità, selettività, robustezza di un metodo analitico. Cifre significative. Errori sistematici e casuali, test Q, test F. Gravimetria, titolazioni acido-base, titolazioni di precipitazione, titolazioni di complessazione, titolazioni redox. Rapporto di prova, campionamento, 2002/657/CE, REGOLAMENTO (CE) N. 401/2006, REGOLAMENTO (CE) N. 333/2007.

Testi adottati: Chimica analitica, Gary D. Christian (testo suggerito). Chimica analitica e analisi quantitativa, David S. Hage, James D. Carr, Piccin.

Slide power point utilizzate a lezione e condivise dopo lezione sul canale TEAMS.

**CHIMICA ANALITICA III - 9 CFU**

**Prof. Francesco Ricci – Dott.ssa Erica Del Grosso**

Parte teorica

Introduzione. Tecniche analitiche. Sensibilità, limite di rilevabilità, segnale/rumore.

Metodi di analisi spettrofotometrici

Tecniche spettroscopiche. Analisi spettrofotometrica di assorbimento. Titolazioni spettrofotometriche. Spettrofotometri UV-visibile. ELISA. Fluorescenza. Spettrofluorimetri.

Strumentazione.

Metodi elettrochimici

Amperometria, voltammetria, polarografia. Principi e metodi. Equazione di Cottrell. ASV e sue applicazioni. Cronoamperometria. Potenziometria e elettrodi iono-selettivi.

Metodi di analisi cromatografica

Principi della cromatografia. Allargamento di banda ed efficienza della colonna cromatografica. Analisi qualitative e quantitative. Gascromatografia e relativa strumentazione. Cromatografia liquida ad alte prestazioni. Strumentazione per la cromatografia liquida.

Parte di laboratorio

Esperienza di spettrofotometria di assorbimento UV-visibile: determinazione dei nitriti nelle acque. Utilizzo della tecnica ELISA. Esperienza di fluorescenza: determinazione di una sequenza specifica di DNA. Elettrochimica: determinazione di ioni  $Pb^{2+}$  con ASV. Esperienza di HPLC: determinazione del contenuto di caffeina in diversi campioni.

Testi adottati: -Materiale didattico fornito dal docente

### **CHIMICA BIOLOGICA - 9 CFU**

**Prof. Giorgio Ricci**

Aminoacidi e peptidi. Il legame peptidico. Le proteine: struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria. Protein folding. Relazione struttura-funzione: emoglobina e mioglobina. Cooperatività di legame. Gli enzimi: struttura e funzione. Coenzimi e vitamine. Introduzione alla cinetica enzimatica. Definizione del meccanismo catalitico di alcuni enzimi modello. Regolazione enzimatica. Enzimi allosterici. Membrane cellulari e proteine di membrana. Bioenergetica. Glicolisi e gluconeogenesi. Ciclo dell'acido citrico. Fosforilazione ossidativa. Catabolismo e anabolismo glucidico e lipidico. Biosintesi e vie degradative di alcuni aminoacidi. Destino metabolico dell'ammoniaca. Fotosintesi. Sistemi sensoriali.

Testi adottati: Materiale didattico fornito dal docente

### **CHIMICA FISICA I E LAB - 9 CFU**

**Prof. Gaio Paradossi - Prof. Fabio Domenici**

Termodinamica:

Definizioni di Sistema e Ambiente. Variabili e Funzioni di Stato. Cammino irreversibile e reversibile. Sistemi ad un componente. Teoria cinetica dei gas, relazioni tra grandezze cinematiche e variabili di stato. Gas reali. Equazioni del Viriale ed Equazione di Van der Waals. Energia interna. Calore e Lavoro. 1° Principio della Termodinamica. Entalpia. Calori specifici. Trasformazione isoterma reversibile e adiabatica reversibile. Postulato di Kelvin. Rendimento di macchine termiche. Macchina di Carnot. Entropia e Temperatura termodinamica. 2° Principio della Termodinamica. Significato statistico dell'entropia. 3° Principio della Termodinamica. Energia libera di Helmholtz ed Energia Libera di Gibbs. Transizioni di stato. Equazione di Clausius - Clapeyron. Sistemi a più componenti. Soluzioni e Leghe. Grandezze parziali molari. Proprietà delle grandezze parziali molari. Metodo delle intercette. Potenziale chimico. Soluzione ideale. Soluzione regolare. Lacuna di miscibilità. Solubilità. Pressione osmotica. Varianza. Equilibrio chimico. Costante di equilibrio.

Equazione di Vant' Hoff.

Cinetica chimica:

Definizione operativa di velocità di reazione. Legge cinetica empirica. Ordine di reazione e molecolarità. Velocità iniziale. Cinetiche del primo e secondo ordine. Cinetica di reazioni reversibili del primo ordine. Cinetica di reazioni consecutive del primo ordine. Approssimazione dello stato stazionario. Catalisi enzimatica. Energia di attivazione e legge di Arrhenius.

Laboratorio:

- Trattamento dei dati sperimentali. Elementi di teoria dell'errore.
- Teoria e parte sperimentale sulle seguenti esperienze di laboratorio:
  1. studio cinetico dell'idrolisi basica del p-nitrofenilacetato;
  2. determinazione dell'entalpia di evaporazione di un liquido puro;
  3. determinazione dell'entalpia di fusione dello stagno mediante calorimetria a scansione differenziale;
  4. studio della lacuna di miscibilità tra tributilfosfato e glicole etilenico;
  5. studio termodinamico della reazione di inclusione del colorante fenolftaleina nella  $\beta$ -ciclodestrina in soluzione acquosa
  6. Volumi parziali molari. Dimostrazione con densimetro digitale

Testi adottati: Atkins Chimica Fisica, Zanichelli; Moore Chimica Fisica, Piccin; Chiessi, Paradossi Problemi di Chimica Fisica, Universitalia

## CHIMICA FISICA II - 9 CFU

**Prof. Antonio Palleschi**

Proprietà dello spazio di Hilbert. Vettori di base. Principio di sovrapposizione degli stati. Processo di ortogonalizzazione. Operatori quanto-meccanici. Regole di corrispondenza. Equazione agli autovalori. Ortogonalità di autofunzioni corrispondenti ad autovalori diversi (dim.). Postulati della meccanica quantistica. Dipendenza temporale della funzione di stato. Generalizzazione del 3° postulato. Soluzioni stazionarie dell'equazione di Schrödinger. Operatore commutatore. Principio di indeterminazione. Variazione temporale del valore aspettato. Autofunzioni comuni a più operatori. Notazione di Dirac.

Proprietà delle matrici che rappresentano un operatore quanto-meccanico. Principio di corrispondenza. Variabili indipendenti. Fattorizzazione della funzione di stato.

Particella libera monodimensionale. Particella nella scatola monodimensionale a pareti rigide. Stima degli stati traslazionali di una particella in una scatola tridimensionale. Densità e degenerazione degli stati traslazionali. Barriera con  $V > E$ : effetto tunnel. Oscillatore Armonico. Autofunzioni e autovalori dell'energia.

Degenerazione di scambio. Degenerazione di simmetria. Indistinguibilità di particelle identiche. Significato fisico delle funzioni simmetrica ed antisimmetrica.

Operatori del momento angolare orbitale. Regole di commutazione. Quantizzazione spaziale. Autovalori ed autofunzioni. Rotatore rigido. Autovalori ed autofunzioni. Costante rotazionale. Degenerazione del livello rotazionale. Operatori di spin. Classificazione delle particelle in base allo spin. Operatore di scambio. Fermioni e bosoni. Funzione d'onda completa di due fermioni. Principio di Pauli.

Postulati della Termodinamica Statistica (TS). Teorema ergodico.

Ensemble canonico. Interpretazione molecolare del calore e del lavoro (I principio della TC). Funzione di ripartizione di un sistema termodinamico: definizione e significato fisico. Espressioni TS delle grandezze

termodinamiche di un sistema.

Definizione dell'Ensemble Microcanonico. Entropia di un sistema dell'Ensemble Microcanonico. Fluttuazioni dell'energia di un sistema nell'ensemble canonico. Equivalenza termodinamica degli insiemi.

Postulato di Gibbs della TS. Entropia residua.

Statistica classica di Boltzmann. Funzione di ripartizione molecolare. Statistica di Boltzmann corretta. Limite classico. Statistiche quantistiche: popolazione della distribuzione più probabile; criteri di convergenza delle statistiche quantistiche nella statistica di classica.

Funzione di ripartizione traslazionale. Lunghezza d'onda termica di De Broglie. Temperatura caratteristica traslazionale. Grandezze TS del gas ideale monoatomico.

Temperatura caratteristica rotazionale. Funzione di ripartizione rotazionale. Fattore di simmetria. Temperatura caratteristica vibrazionale. Funzione di ripartizione vibrazionale. Grandezze TS del gas ideale biatomico. Contributi alle grandezze termodinamiche dei vari modi di moto.

Funzione di ripartizione per le molecole poliatomiche.

Equipartizione dell'energia.

Equilibrio chimico. Costante di equilibrio per una reazione tra gas ideali. Effetto dei fattori entropico ed entalpico sulla costante di equilibrio. Reazione isomerica.

Reazione di scambio. Teoria dello stato di transizione.

Separazione del moto traslazionale dai moti interni. Metodi di approssimazione.

Testi adottati: P. W. Atkins, R. Friedman, Molecular Quantum Mechanics, Oxford University Press, 2007;

B. Pispisa, Appunti di termodinamica Statistica, dispense fornite dal docente.

Appunti, materiale didattico ed esercizi forniti dal docente.

### **CHIMICA FISICA III - 6 CFU**

**Prof. Mariano Venanzi**

Interazione radiazione -materia. Approccio semiclassico e trattazione perturbativa. Modello fenomenologico di Einstein. Derivazione microscopica della Legge di Lambert-Beer. Rotazioni di molecole biatomiche e poliatomiche (trottole simmetriche). Rotatore rigido. Rotatore non rigido. Vibrazioni di molecole biatomiche e poliatomiche. Oscillatore armonico. Oscillatore anarmonico. Regole di selezione, Vibrazioni normali. Spettri rot-vibrazionali di molecole biatomiche e poliatomiche. Spettroscopia elettronica. Atomo di idrogeno. Struttura fine dello spettro dell'atomo di idrogeno. Interazione spin-orbita. Classificazione degli stati atomici e molecolari. Elementi e operazioni di simmetria. Energia potenziale di Morse. Spettroscopia elettronica di molecole biatomiche. Processi di rilassamento energetico intra- e intermolecolari.

Esperienze di laboratorio. 1) Spettro rotovibrazionale di ossido di carbonio in fase gassosa; 2) spettro vibrazionale di Cloroformio e cloroformio deuterato. 3) spettro vibrorotazionale di ammoniaca in fase gassosa. 4) determinazione di energia di legame a idrogeno mediante spettroscopia UV; 5) spettro UV-Vis di criptocianine; 6) spettro della molecola di iodio in fase gassosa.

Testi adottati: Appunti di lezione - Mariano Venanzi (disponibili su Microsoft Teams)

Materiale per le esperienze di laboratorio (disponibili su Microsoft Teams)

### **CHIMICA GENERALE - 12 CFU**

**Prof.ssa Silvia Orlanducci**

Teorie atomiche. Tavola periodica e proprietà degli elementi. Il legame chimico. Le equazioni chimiche. Lo stato gassoso. Lo stato solido. Lo stato liquido: soluzioni e proprietà. Termodinamica. L'equilibrio chimico in sistemi omogenei ed eterogenei. Equilibri acido-base. Reazioni di precipitazione, complessazione, redox. Elettrochimica. Cinetica chimica.

Testi adottati: Fondamenti di chimica di Schiavello, Palmisano, Ed. Edises; Chimica generale di Petrucci, Herring, Ed. Piccin; Stechiometria per la chimica generale di Lausarot e Vaglio, Ed. Piccin

### **CHIMICA INORGANICA I - 6 CFU**

**Prof. ssa Emanuela Tamburri**

La classificazione della materia. Modelli atomici. Origine delle proprietà periodiche degli elementi a partire dalla descrizione della struttura elettronica dell'atomo. Caratteristiche strutturali e reattività degli elementi tipici e loro composti. Teorie e modelli del legame chimico nei composti ionici e nei metalli. Lo stato solido. Struttura e proprietà dei conduttori, semiconduttori ed isolanti. Cinetica Chimica. Formazione e proprietà delle soluzioni.

Testi adottati: M. Weller, T. Overton, J. Rourke, F. Armstrong, La Chimica Inorganica di Atkins, Zanichelli Editore. J.E. Huheey, E.A. Keiter, R.L. Keiter, Chimica Inorganica. Principi, strutture, reattività. Piccin Editore.

### **CHIMICA INORGANICA II - 6 CFU**

**Prof.ssa Marilena Carbone**

I simboli di termine atomici. Teoria del legame di valenza. Orbitali Molecolari (OM) con il metodo LCAO (Linear Combination of Atomic Orbitals): calcolo dei coefficienti di combinazione lineare per molecole omo- ed eteronucleari. Molecole poliatomiche: LiH, BeH<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, BF<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O.

Teoria dei gruppi: elementi di simmetria, gruppi puntuali, rappresentazioni irriducibili e riducibili.

Complessi di coordinazione: descrizione dei numeri di coordinazione più comuni, nomenclatura, chiralità e assegnazione della configurazione assoluta di complessi ottaedrici. Stabilità dei complessi ed effetto della chelazione Teoria del campo cristallino e degli OM applicata a complessi ottaedrici, tetraedrici e quadrato-piani. Complessi ottaedrici ad alto e basso spin. Legami  $\sigma$  e  $\pi$  nei complessi ottaedrici, serie spettrochimica. Parametri di Racah. Simboli di termine Spettroscopici. Diagrammi di Tanabe-Sugano. Regole di selezione nelle transizioni d-d. Transizione LMCT, MLCT. Complessi di metalli zerovalenti Complessi carbonilici. Complessi metallorganici e apticità. Reazioni di sostituzioni in complessi quadrato-piani e ottaedrici. Meccanismo stechiometrico e meccanismo intrinseco. Isomerizzazione in reazioni di sostituzione.

I solidi ionici, la costante di Madelung, i difetti nei solidi. Legami metallici, teoria dell'elettrone quasi libero e teoria delle bande.

Nanomateriali: proprietà, sintesi, metodi d'indagine e applicazioni.

Testi adottati: M. Weller, T. Overton, J. Rourke, F. Armstrong, La Chimica Inorganica di Atkins, Zanichelli Editore. J.E. Huheey, E.A. Keiter, R.L. Keiter, Chimica Inorganica. Principi, strutture, reattività. Piccin Editore.

### **CHIMICA ORGANICA I - 9 CFU**

**Prof.ssa Valeria Conte**

Introduzione alle molecole organiche e ai gruppi funzionali. Nomenclatura. Rappresentazioni delle molecole.

Forze intermolecolari. Correlazioni struttura-proprietà fisiche. Spettroscopia UV-vis e IR. Solventi, solubilità. Introduzione alla spettrometria NMR ( $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$ ). Risonanza ed aromaticità. Proprietà acido-base di molecole organiche (Brønsted e Lewis). Spettrometria di massa. Conformazioni e Configurazioni (Stereoisomeri geometrici ed ottici). Introduzione alla cinetica ed al meccanismo di reazione. Reazioni delle principali classi organiche: Alcani e cicloalcani, Alogenuri alchilici, Alcoli, Eteri, Ammine, Alcheni, Alchini, Dieni Composti aromatici. Composti carbonilici e loro derivati azotati, Acidi carbossilici e loro derivati (esteri, ammidi, anidridi, alogenuri acilici, nitrili).

Testi adottati: D.R. Klein, Organic Chemistry 2nd edition © 2015, John Wiley and Sons, Inc. All; W. H. Brown, Chimica Organica, EdiSES; P. Y. Bruice, Chimica Organica, EdiSES.

## **CHIMICA ORGANICA II - 9 CFU**

**Prof. Massimo Bietti**

**(insegnamento fruito dal corso di laurea in Chimica Applicata)**

Alchilazione di Enolati e di altri Nucleofili al Carbonio. Reazioni dei Nucleofili al Carbonio con i Composti Carbonilici. Interconversione, Protezione e Deprotezione di Gruppi Funzionali mediante sostituzione. Addizioni Elettrofile a Doppi Legami Carbonio-Carboni. Riduzione di Legami Multipli Carbonio-Carbonio, Gruppi Carbonilici e altri Gruppi Funzionali. Reazioni di Cicloaddizione. Reagenti Organometallici del Li e Mg. Ossidazioni. Esempi di Sintesi Multistadio. Lipidi. Carboidrati. Composti Eterociclici. Amminoacidi, Peptidi, Proteine e Acidi Nucleici.

Testi adottati: Parte Prima: Introduzione alla Sintesi Organica - F. A. Carey, R. J. Sundberg, Advanced Organic Chemistry Part B: Reactions and Synthesis 5th edition, Springer, 2007

Parte Seconda: Biomolecole - W. H. Brown, B. L. Iverson, E. V. Anslyn, C. S. Foote, Chimica Organica 5a edizione, EdiSES, 2015; K. P. C. Vollhardt, N. E. Schore, Chimica Organica 4a edizione, Zanichelli, 2016

## **CHIMICA ORGANICA III - 6 CFU**

**Prof. Daniel Oscar Cicero - Dott.ssa Greta Petrella**

Spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare

Introduzione. Lo spin nucleare e il momento magnetico. Effetto dei campi magnetici esterni. Il moto precessionale. Descrizione quantistica dei livelli energetici e popolazionale. Energia e sensibilità del segnale NMR. Energia e frequenza delle transizioni. Magnetizzazione macroscopica. La eccitazione con impulsi di radiofrequenza. Origine del segnale NMR. Il sistema di riferimento ruotante.

Il chemical shift. Frequenza di Larmor. Legge di Lenz. Effetti di schermo e deschermo. Definizione di campo effettivo e costante di schermo. La scala delta e composti di riferimento. Chemical shift e densità elettronica. Effetti di anisotropia: alchini, alcheni, e cicloalcani. Effetto di corrente di anello. Regioni dello spettro: tipi di idrogeni e carboni.

Interazioni tra spin: costante dipolare e costante scalare. Origine della costante scalare. Analisi energetico della costante scalare per un sistema a due spin. Tipi di costanti scalari in base al numero di legami. Dipendenza della costante scalare dall'angolo diedro. IL rilassamento: meccanismi e legame con il moto molecolare in soluzione. Rilassamento spin-spin: origine ed effetto sullo spettro. Rilassamento e dimensione molecolare. Rilassamento spin-lattice: origine ed effetto sullo spettro.

L'andamento vettoriale della magnetizzazione nel sistema ruotante: chemical shift e costante di



accoppiamento. La frequenza di riferimento per lo spettro. Frequenze positive e negative nel sistema ruotante. Rilevamento del segnale in quadratura. La trasformata di Fourier. Analisi dell'impulso di eccitazione per trasformata di Fourier. Il segnale digitale: velocità di campionamento. L'esperimento "pulse and collect". Determinazione dell'angolo di  $90^\circ$  per l'impulso. Data processing: aumento della sensibilità o della risoluzione.

Analisi di spettri  $^1\text{H}$ . Numero di segnali. Simmetria in sistemi flessibili. La posizione del segnale di risonanza nello spettro. Intensità del segnale: l'integrale. Accoppiamento spin-spin e molteplicità. Predizione di spettri  $^1\text{H}$ . Determinazione di costanti di accoppiamento. Esempi di applicazione. Effetti di secondo ordine: l'accoppiamento forte.

Spettroscopia di  $^{13}\text{C}$ . L'abbondanza naturale del  $^{13}\text{C}$ . Accoppiamenti  $^{13}\text{C}$ - $^1\text{H}$ . Chemical shift. Tipi di carboni: spettri disaccoppiati, l'esperimento DEPT. Effetto NOE  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  e l'aumento dell'intensità del segnale. Problemi di analisi strutturale utilizzando dati di  $^{13}\text{C}$  NMR. Il test di protoni attaccati.

Spettrometria di Massa

Introduzione. Il concetto della spettrometria di massa.

Lo spettrometro di massa.

Tecniche di introduzione del campione. Tecniche di ionizzazione: ionizzazione elettronica, chimica, bombardamento per atomi veloci, elettrospray, MALDI.

Analizzatori di massa. Concetti di risoluzione, trasmissione, limite superiore di massa. Settori magnetici ed elettrici. Quadrupoli. Tempo di volo. Ione-ciclotrone. Analizzatori ibridi. Trappola ionica quadrupolare.

Sistemi ibridi. Analisi comparativa dei diversi analizzatori.

Interpretazione di spettri di massa ottenuti con ionizzazione elettronica: l'approccio empirico. Analisi di spettri di alcol e nitrocomposti aromatici.

La frammentazione alfa.

Teoria della localizzazione della carica. Analisi della stabilità dei prodotti per determinare la frammentazione.

Frammentazioni primarie e secondarie. La regola dell'azoto per la determinazione del peso molecolare. Perdite di frammenti con massa pari e dispari. Riarrangiamenti per la perdita di molecole neutre.

Uso di tabelle per individuare frammenti e perdite. Analisi di spettri: strategie e regole. Pattern isotopico.

Calcolo dell'intensità relativa dei picchi dovuti agli isotopi. Misura della massa esatta. Applicazioni.

Risoluzioni di problemi strutturali con dati di spettroscopia di massa. Analisi di spettri di NMR e Massa.

Risoluzione di problemi utilizzando dati di  $^1\text{H}$ -NMR,  $^{13}\text{C}$ -NMR e massa.

Testi adottati: materiale provvisto dal docente.

## **FISICA GENERALE I - 9 CFU**

**Dott.ssa Alessandra Filabozzi**

Introduzione: Il metodo scientifico in fisica. Grandezze fisiche e misure. Dimensioni fisiche, analisi dimensionale. Sistemi di unità di misura. Vettori. Operazioni con i vettori.

Errori di misura: Errori sistematici e casuali. Propagazione degli errori. Cifre significative. Valori medi. Propagazione degli errori in casi semplici.

Cinematica del punto: Sistemi di riferimento e di coordinate. Coordinate cartesiane e polari. Traslazioni e rotazioni di coordinate. Cinematica. Punto materiale. Posizione Traiettoria. Gradi di libertà. Legge oraria. Spostamento come vettore. Velocità. Accelerazione. Rappresentazione cartesiana e intrinseca. Moto in una

dimensione. Moto in due dimensioni. Caduta di un grave. Altezza massima, gittata. Tempo di caduta. Moto circolare uniforme, grandezze angolari, periodicità. Accelerazione normale e tangenziale

Dinamica del punto: I e II principio. Forze. Massa. Caso di forze costanti. Caduta dei gravi. Risultante delle forze. Forza centripeta. Riferimenti inerziali e non. III principio. Quantità di moto. Forze impulsive. Forza di gravitazione. Pendolo semplice

Reazioni vincolari e attrito: Reazioni vincolari in statica e dinamica. Tensione delle corde. Attrito statico e dinamico. Attrito viscoso. Velocità limite Macchina di Atwood

Trasformazioni di riferimento: Moti relativi. Trasformazioni di Galileo di velocità e accelerazione. Velocità relativa. Velocità e accelerazione di trascinamento. Forze apparenti in riferimenti non inerziali.

Lavoro ed energia: Lavoro. Teorema delle forze vive. Forze conservative. Energia potenziale. Caso delle forze centrali. Proprietà generali del moto. Equilibrio. Potenza.

Oscillazioni Forze elastiche. Legge di Hooke. Molle in serie e parallelo. Oscillatore armonico. Periodo e frequenza. Pendolo semplice. Pendolo fisico. Pendolo di torsione.

Dinamica dei sistemi: Quantità di moto, impulso, conservazione quantità di moto.

Sistemi di punti. Centro di massa. I'equazione cardinale. Teorema di Koenig. Urti elastici e anelastici di 2 particelle. Urti elastici centrali. Urti elastici fra particelle di uguale massa. Sistemi a massa variabile.

Momento angolare: Il momento angolare. Scomposizione. II equazione cardinale. Conservazione.

Dinamica del corpo rigido: Gradi di libertà. Moto del corpo rigido. Momento delle forze. Momento d'inerzia. Teorema di Huygens Steiner. Energia cinetica. Pendolo fisico. Ruota. Cenni di statica. Rotolamento.

I fluidi: La pressione. Statica. Legge di Stevino. Legge di Pascal. Principio di Archimede. Dinamica.

Fluidi ideali. Linee di corrente.

Equazione di continuità. Equazione di Bernoulli.

Gravitazione Universale: Forza di gravitazione. Leggi di Keplero Energia potenziale. Velocità di fuga.

Oscillazioni: Equazione oscillatore armonico. Proprietà. Energia. Somma di moti armonici sullo stesso asse e su assi ortogonali. Oscillatore armonico smorzato e forzato. Analisi di Fourier. Equazione delle onde.

Testi adottati: Mazzoldi, Nigro, Voci - Elementi di Fisica, Volume 1, Edises (Consigliato); Altri Testi: Serway, Jewett - Fisica, per Scienze e l'ingegneria, Volume 1, Edises; Focardi, Massa, Uguzzoni, Villa - Fisica Generale , volume 1, II edizione, Casa Ed. Ambrosiana.

## **FISICA GENERALE II - 9 CFU**

**Dott. Giovanni Romanelli**

Elettricità, magnetismo e ottica:

Campi elettrici. La legge di Gauss. Il potenziale elettrico. Capacità e dielettrici. Corrente e resistenza. Circuiti in corrente continua. Campi magnetici. Sorgenti di campo magnetico. La legge di Faraday. Induttanza. Circuiti in corrente alternata. Equazioni di Maxwell. Onde elettromagnetiche.

Luce ed ottica:

La natura della luce e le leggi dell'ottica geometrica. La formazione dell'immagine (specchi, diottri, lenti sottili). Interferenza e diffrazione delle onde luminose.

Testi adottati: Serway Jewett: "FISICA 2 per Scienze ed Ingegneria" - Edises,

Mazzoldi, Nigro, Voci: "Elementi di Fisica, elettromagnetismo - onde" - Edises.

## FONDAMENTI DI CHIMICA ANALITICA - 6 CFU

**Dott. Alessandro Porchetta**

Introduzione alla chimica analitica. Soluzioni, solventi e soluti. Concentrazioni: Percento in peso p/p, Percento in Volume p/v; percento volume/volume ppm e ppb. Molarità e formalità, molalità, normalità. Esercizi in classe. Equilibrio chimico, legge di azione di massa, concetti base relativi all'attività chimica. Acidi forti ed acidi deboli. Basi forti e basi deboli. Calcolo del pH di acidi forti e deboli senza approssimazioni e con il metodo delle approssimazioni successive. Bilancio delle masse ed elettroneutralità. Forza ionica di una soluzione. Tamponi e calcolo del pH di una soluzione tampone con formula senza approssimazioni e con la formula approssimata. Capacità tampone. Esercizi acidi diprotici e triprotici, calcolo del pH. Anfoliti calcolo del pH. Solubilità e prodotto di solubilità. Elettroliti forti e deboli. Calcolo della solubilità dal prodotto di solubilità ed influenza del pH sulla solubilità. Complessi, costante di stabilità e condizionale. Esercizi Sistemi di ossidoriduzione. Calcolo della forza elettromotrice da potenziali standard. Esercizi.

Testi adottati: Fondamenti di Chimica Analitica, Douglas Skoog; Lezioni di Chimica Analitica, Arnaldo Liberti - Aldo Napoli; Chimica Analitica, Gary D. Christian

## INGLESE - 3 CFU

Per il corso di Lingua Inglese consultare il link: <https://www-2022.cla.uniroma2.it/>

## LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA - 6 CFU

**Prof.ssa Laura Micheli**

Scopi generali della chimica analitica; le varie fasi del processo analitico.

Metodi elettrochimici di analisi. Potenzimetri, ISE, Polarografia, Amperometria, Tecniche pulstate e di stripping. Sensori chimici e biosensori. Strumentazione relativa.

Metodi spettrofotometrici di analisi. Misure di assorbimento ed emissione. Legge di Lambert-Beer, Deviazioni dalla legge di L-B. Assorbimento Atomico. Spettroscopia di emissione atomica. Fluorimetria. Strumentazione relativa

Metodi cromatografici di analisi. Estrazione con solventi. Cromatografia classica su colonna. Cromatografia di scambio ionico. Cromatografia di permeazione su gel.

Cromatografia su carta e strato sottile. Gascromatografia. HPLC. Strumentazione relativa.

Testi adottati: Cozzi, Protti, Ruaro Elementi di analisi chimica strumentale Ed. Zanichelli; Skoog, West, Holler, Crouch, "Fondamenti di chimica analitica, Ed. EdiSES; D.C. Harris, Chimica analitica quantitativa. Zanichelli, Bologna; R. Kellner, J.-M. Mermet, M. Otto, H.M. Widmer. Chimica Analitica. Edises, Napoli; Gary D. Christian, Analisi Strumentale ed. Piccin.

## LABORATORIO DI CHIMICA FISICA - 6 CFU

**Prof. Lorenzo Stella**

Le esperienze di laboratorio verteranno su:

- effetto idrofobico
- processi di associazione ligando/macromolecola
- catalisi enzimatica
- micelle: concentrazione micellare critica e numero di aggregazione

-transizioni di fase termotropiche in doppi strati lipidici.

Le tecniche utilizzate nelle esperienze sono la spettroscopia elettronica di assorbimento e la spettroscopia di fluorescenza. Dopo alcune lezioni introduttive sulle interazioni intermolecolari, ogni esperienza verrà preceduta da alcune lezioni frontali sui relativi aspetti teorici e sperimentali.

Testi adottati: dispense del corso, descrizioni delle esperienze.

#### **LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE - 6 CFU**

**Prof.ssa Silvia Orlanducci**

**(insegnamento erogato a partire dall'a.a. 2024-2025)**

Lezioni teoriche sui principi alla base delle esperienze e discussione delle esperienze di laboratorio

Esperienze di laboratorio proposte:

Sintesi di complessi con leganti mono e polidentati

Preparazione di acetilacetoni diamagnetici e paramagnetici di metalli di transizione

Sintesi di carbonati basici di rame (malachite e azzurrite) e loro decomposizione

Preparazione del blu di Prussia ( $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ) e suoi analoghi

Sintesi di ferrofluidi

Sintesi di nanoparticelle di Au e Ag mediante riduzione chimica

Nucleazione e crescita di metalli mediante sintesi elettrochimica

Testi adottati: materiale fornito dal docente.

#### **LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA - 6 CFU**

**Prof.ssa Michela Salamone**

Sicurezza e Prevenzione nel laboratorio di chimica organica.

Tecniche di laboratorio: cristallizzazione, distillazione, estrazione, sublimazione, cromatografia di adsorbimento e di ripartizione. Saggi di riconoscimento dei gruppi funzionali. Cenni di spettroscopia UV-visibile e IR applicata a molecole organiche. Esperienze di laboratorio scelte in modo tale da applicare le principali tecniche di separazione e purificazione spiegate durante la parte teorica del corso.

Testi adottati: Dispense fornite dal docente.

Per la parte riguardante le tecniche di laboratorio, uno dei seguenti testi a scelta: "La chimica organica in laboratorio" 8a edizione Autore: Marco D'Ischia Editore: Piccin; D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz, R. G. Engel, Introduction to Organic Laboratory Techniques, Harcourt College Publishers, 1998; D.R. Palleros, Experimental Organic Chemistry, John Wiley & Sons, 2000; Per la parte di spettroscopia: Silverstein, Bassler, Morrill, Spectrometric Identification of Organic Compounds, Fifth Edition, John Wiley & Sons, 1991.

#### **LABORATORIO DI CHIMICA PER LE TECNOLOGIE - 6 cfu**

**Prof.ssa Larisa Lvova**

**(insegnamento erogato a partire dall'a.a. 2024-2025)**

Il corso sarà diviso in 3 principali argomenti, tutti dedicati all'applicazione della chimica per tecnologie in campo sensoristico. Verranno descritti e studiati i sensori chimici con diversi tipi di trasduzione e matrici dei sensori. Inoltre, verranno richiamati i concetti di base di diverse tecniche analitiche e i metodi di statistica di base e chemometria per il trattamento dei dati sperimentali.

1) Cenni di metodi elettrochimici e lo sviluppo dei sensori potenziometrici e amperometrici e loro applicazioni.  
2) Tecniche spettrofotometriche e il richiamo di concetti base di chimica supramolecolare, per lo sviluppo dei sensori ottici e loro applicazioni.

3) Approccio multisensoriale: matrici dei sensori e loro applicazioni per analisi qualitativa e quantitativa.

Esperienze di laboratorio (verranno effettuati minimo 6 esperienze dalla lista sotto riportata):

- Processi elettrochimici spontanei per la stima del potere della natura: batterie al limone/arancia/patata/ecc
- misurazione della fem di celle galvaniche fatte a mano;
- Sistemi redox reversibili e irreversibili: voltammetria ciclica con vitamina C e Ferrocene (Fc) come riferimento redox interno;
- Distinguere campioni sconosciuti: applicazione della voltammetria ciclica all'analisi di soluzioni multicomponenti contenenti specie redox-attive;
- Preparazione dei sensori potenziometrici con la membrana polimerica del tipo ISE (Ion-Selective Electrode) per la l'analisi dei nitrati nei ortaggi;
- "Disegna il tuo sensore" - la progettazione e la preparazione dei sensori potenziometrici con un circuito elettrico disegnato con una matita sulla carta e contenente la membrana polimerica per l'analisi dello ione potassio in composizioni farmaceutiche;
- "Il semaforo chimico" - determinazione ad occhio nudo dei fluoruri in acque minerali, dentifrici, colluttori con sensore ottico colorimetrico depositato sul supporto cartaceo;
- Determinazione del contenuto dello magnesio e/o farmaco antidolorifico non steroideo (FAN), Ketoprofene, in alimenti e medicinali con i sensori fluorimetrici e dei gadget elettronici comune (come smartphone) per il rilevamento del segnale;
- "Vedere il gusto": l'applicazione delle matrici dei sensori potenziometrici per distinguere il gusto dei diversi prodotti alimentari e bevande visivamente generando della mappa dei colori (impronta visiva).
- Applicazione di sensori commerciali basati su MOx (ossidi metallici) o sensori di gas potenziometrici tipo Severinghaus per la determinazione della CO<sub>2</sub> nel respiro (dello studente, della pianta, nell'atmosfera serra, ecc.);
- Analisi multisensoriale delle urine: possiamo "vedere" patologie tramite l'applicazione delle matrici di sensori potenziometrici, chiamati la Lingua Elettronica, per analisi della fase liquida, o matrici dei sensori per i gas, chiamati il Naso Elettronico, per analisi dello spazio di testa delle urine.

Testi adottati: Materiale fornito dal docente.

- D. Harvey, D. Harvey, Modern analytical chemistry, 1st ed., The McGraw-Hill press, 2000, 468 p, ISBN 0-07-237547-7;
- J. Wang, Analytical electrochemistry, 3 rd ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006, 262p. ISBN-13 978-0-471-67879-3;
- J. Janata, Principles of chemical sensors, 2 nd ed., Springer, New York, 2010, 365 p., ISBN: 978-0-387-69931-8 (e-Book);
- O.V. Roussak, H.D. Gesser, Applied Chemistry. A textbook for Engineers and Technologists, 2nd ed., Springer, New York, 2013, 372p., ISBN 987-1-4614-4262-2 (e-Book).

### **PRATICHE DI LABORATORIO CHIMICO - 3 CFU**

**Dr. Fabrizio Caroleo**

Il laboratorio chimico: caratteristiche ed arredi. Materiali ed attrezzature di base e loro utilizzo. Procedure più comuni utilizzate nel laboratorio: pesata, prelievo di volumi noti, misura della temperatura, filtrazione,

centrifugazione e distillazione. Lavaggio vetreria e rifiuti speciali. Sicurezza nel laboratorio chimico: normativa, concetto di pericolo e di rischio, definizione del DVR. Dispositivi di protezione collettivi: definizione e loro utilizzo. Cappa chimica, estintori. Dispositivi di protezione individuali: definizione, classificazione e loro utilizzo. DPI per le vie respiratorie, per il corpo, per gli occhi e per le mani. Regole di buon comportamento nel laboratorio. Rischio chimico: REACH, CLP, vecchie e nuove etichette, schede di sicurezza. Caratteristiche delle principali classi di reagenti chimici: esplosivi, infiammabili, comburenti, tossici, nocivi, corrosivi e gas compressi.

Testi adottati: Materiale didattico fornito dal docente.

### PROGRAMMAZIONE - 3 CFU

**Dr. Gabriele Magna**

Nozioni di base di statistica: i) Distribuzioni di probabilità Binomiale, di Poisson e di Gauss; ii) Frequenza e probabilità; iii) Principio della massima verosimiglianza; iiiii) interpolazione di dati: i minimi quadrati; v) parametri statistici di una distribuzione di dati. Breve storia dei computer. Introduzione alla programmazione: i diagrammi di flusso. Comandi di base.

Testi adottati: Materiale fornito dal docente.

\*\*\*\*\*

**LINK** <https://www-2022.scienze.uniroma2.it/2022/10/31/insegnamenti-l-27-2/>

Didattica Programmata per il triennio 2023/2026

<http://uniroma2public.gomp.it/PublicData?mode=course&iso=ita&uid=9d9a2c1d-5cf1-4398-8fce-4536b5e7b0ee>

Didattica Erogata per l'a.a. 2023/2024

<http://uniroma2public.gomp.it/PublicData?mode=classRoom&iso=ita&uid=11a75311-616c-44d2-9090-0016e8dafb0d>