



**TOR VERGATA**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

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

### **L'orizzonte culturale**

La Chimica è una scienza centrale per uno sviluppo sostenibile: permette di offrire una migliore qualità della vita attraverso lo studio di processi di sintesi innovativi, catalizzatori più efficaci, produzione di energia sostenibile, la comprensione dei processi alla base dei sistemi naturali, la diagnosi e cura di molte malattie, sviluppo di materiali con nuove proprietà, e molto altro ancora.

La chimica attraverso scoperte importanti nel campo industriale come la sintesi di composti farmacologicamente attivi, polimeri artificiali, materiali intelligenti, ha permesso l'aumento demografico del secolo scorso e il miglioramento della qualità della vita nei paesi avanzati. Ora la Chimica si propone di porre rimedio all'inquinamento generato dall'uso indiscriminato delle sostanze sintetiche e sta mettendo a punto procedure sempre più efficaci nell'analisi di tali sostanze in tutte le matrici naturali.

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

Il percorso formativo si propone di garantire l'acquisizione di solide basi teoriche e pratiche nelle diverse discipline chimiche. Ogni immatricolato ha un tutor che ha il compito di seguire e consigliare lo studente durante tutto il percorso formativo. La durata del corso di laurea in Chimica Applicata è di tre anni accademici ed è proposto in unico indirizzo.

Il corso è erogato in modalità convenzionale. 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 che può essere sia scritta che orale o ambedue assieme. La frequenza ai corsi è libera (anche se fortemente consigliata), fatti salvi gli adempimenti didattici obbligatori (prove di verifica, esercitazioni di laboratorio). Sono previsti almeno 6 appelli per ogni anno accademico, 2 alla fine di ogni semestre didattico. I docenti hanno la possibilità di stabilire appelli di esame straordinari. Lo scopo del corso di laurea è quello di fornire ai laureati in Chimica Applicata, oltre ad una approfondita conoscenza nelle varie discipline chimiche, un primo contatto con il mondo del lavoro attraverso stage formativi obbligatori presso industrie o laboratori del settore chimico.

### **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. E' altresì richiesto il possesso di un'adeguata preparazione iniziale. Requisito necessario per iniziare regolarmente gli studi è una solida conoscenza di base nel campo della Matematica.

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. 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). Gli studenti che presentino gravi lacune in Matematica dovranno colmare tali lacune frequentando prima dell'inizio delle lezioni un apposito corso di matematica di base. Alla fine del corso il test sarà ripetuto. L'iscrizione è consentita a tutti gli aventi diritto, indipendentemente dal risultato del test; nel caso di non superamento del test di cui sopra lo studente avrà l'obbligo di conseguire i crediti relativi all'insegnamento di Analisi I nel primo anno di corso, per potersi poi iscrivere agli anni successivi. Lo studente che non soddisfi tale obbligo dovrà iscriversi nuovamente al I anno di corso, conservando i crediti acquisiti negli altri insegnamenti.

### **Date per le immatricolazioni al corso di laurea in Chimica**

Termine preiscrizione: come indicato sul bando di ammissione al corso di laurea

Data Test: vedi: <http://www.scienze.uniroma2.it/?cat=385&catParent=16>

Pubblicazione graduatoria: come indicato sul bando di ammissione al corso di laurea

Scadenza immatricolazioni: come indicato sul bando di ammissione al corso di laurea

Inizio delle lezioni: I semestre 30 Settembre 2019 – 17 Gennaio 2020

II semestre 02 Marzo 2020 – 12 Giugno 2020

Per maggiori informazioni: <http://www.scienze.uniroma2.it/?cat=60&catParent=4>

### **Trasferimenti**

Il trasferimento da altri atenei può essere accolto in base alle possibilità logistiche. Allo studente potranno essere riconosciuti i crediti conseguiti nella sua carriera, presentando domanda entro i termini indicati sul bando di ammissione.

Il Consiglio di corso di studio propone pareri al Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche (DSTC) 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 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 Applicata sono strettamente correlati agli aspetti fondamentali della chimica, fornendo una preparazione di base utile sia per l'inserimento nel mondo del lavoro che per la prosecuzione degli studi per il conseguimento della Laurea Magistrale.

La laurea in Chimica Applicata 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 di insegnamento frontale 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 a disposizione dello studente per lo studio personale o per altra attività formativa di tipo individuale è pari ad almeno il 60% dell'impegno orario complessivo.

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

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

- 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)

Capacità di raccogliere ed interpretare i dati sperimentali, avendo acquisito esperienza pratica con apparati di misura moderni ed essendo in grado di utilizzare adeguatamente gli strumenti di calcolo; capacità di stimare gli ordini di grandezza e isolare i fattori principali che influiscono sulla precisione del risultato di una misura. Queste capacità sono acquisite nei corsi di laboratorio di Fisica, che prevedono l'insegnamento dell'elaborazione e analisi dei dati, e sono verificate mediante l'elaborazione di relazioni (obbligatorie), nelle quali gli studenti devono elaborare i dati in modo autonomo.

#### Abilità comunicative (communication skills)

Abilità nel comunicare efficacemente informazioni, idee, problemi e soluzioni in forma orale e scritta, a uditori sia specialistici che generici, anche utilizzando la lingua inglese e le tecnologie messe a disposizione dall'informatica. Gli studenti devono imparare a comunicare, in forma orale e scritta, il contenuto dei propri studi. Tale capacità viene accertata in fase di esame e/o di prova in itinere. In particolare, come descritto nel quadro precedente, le relazioni di laboratorio devono mostrare la capacità degli studenti di esprimere concetti scientifici. Gli studenti possono opzionalmente formulare relazioni ed esami in lingua inglese. Devono comunque mostrare obbligatoriamente la propria capacità di esprimere concetti scientifici in inglese, mediante un esame di idoneità specifico.

#### Capacità di apprendimento (learning skills)

Capacità di apprendimento che consentano di accedere ai corsi di studio di secondo livello e che comunque pongano in grado di aggiornarsi autonomamente nelle materie di competenza.

Oltre alle relazioni di laboratorio, tutti i corsi includono prove finali e/o in itinere, di norma scritte, che accertano la capacità di apprendimento degli studenti, sia guidate, sia autonome. La prova finale, come descritto in seguito, costituisce una ulteriore verifica delle capacità di apprendimento ed esposizione autonome dello studente.

### **Struttura della didattica**

#### Frequenza

Gli insegnamenti hanno una durata semestrale

### 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.

Durante il primo anno due pomeriggi sono dedicati ad attività di tutorato con particolare riferimento ai corsi di Chimica Generale, di Matematica I, di Chimica Organica I e di Fisica I. Durante lo svolgimento dei corsi sono effettuate prove in itinere per monitorare il progresso didattico degli studenti.

### Tirocini/Stage

Le attività pratiche di laboratorio e/o di tirocinio per lo stage e la prova finale devono avvenire con l'assistenza e sotto la responsabilità di un tutore che concorda con lo studente l'argomento oggetto dello stage e della prova. Le attività possono essere svolte nei laboratori presso industrie o altri centri di ricerca pubblici o privati. L'Ateneo ha attivato un servizio di assistenza per i tirocini esterni.

<http://www.scienze.uniroma2.it/?cat=19&catParent=16>.

La segreteria della macroarea di Scienze cura l'organizzazione dei tirocini formativi presso enti di ricerca esterni o aziende.

Una convenzione quadro di ateneo regola l'espletamento di tali stage.

La convenzione prevede:

- l'individuazione di un responsabile aziendale o dell'ente di ricerca ospitante;
- l'individuazione di un referente universitario tra i docenti del corso di laurea,
- la messa a punto di un programma di stage, concordato dal responsabile aziendale o di laboratorio esterno, il docente universitario, il coordinatore del corso di studio. La convenzione è stipulata tra il referente dell'ente esterno e il Coordinatore del CdS.

### **Piano di Studi**

E' previsto un solo curriculum di studi. Gli studenti sono tenuti a presentare un piano di studi all'inizio del secondo semestre del secondo anno (scadenza 28/02 di ogni accademico) in cui specificheranno le attività a scelta.

Le scelte possono successivamente essere variate presentando una richiesta mediante il modulo "Richiesta modifica del piano di studi" unitamente al piano di studi con le variazioni riportate. Modifiche ai piani di studio possono essere presentate prima dell'inizio di ogni semestre (entro il 30 Settembre e il 28 Febbraio di ogni anno accademico). In ogni caso, non possono essere sostenuti esami non contenuti nel piano di studi attualmente approvato.

Il piano di studi è valido e può essere approvato solo ove l'insieme delle attività in esso contemplate corrisponda ai vincoli stabiliti dall'ordinamento didattico del corso di studio e dall'offerta didattica programmata annuale relativa alla coorte di riferimento dello studente e comporti l'acquisizione di un numero di crediti non inferiore a quello richiesto per il conseguimento del titolo.

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 di stage finale compilando il modulo, disponibile sul sito della Macroarea di Scienze.

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 triennale, 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 lo stage obbligatorio presso una industria o un laboratorio esterno alla Università' (pubblico o privato) riconosciuto. L'impegno temporale dedicato alla prova finale, e in particolare il periodo di stage, 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 CdS.

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 unanime 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.

Gli studenti debbono inviare una comunicazione scritta di inizio attività di stage alla Segreteria Didattica del CdS ed ottenere il nulla osta della Macroarea previa attivazione di una copertura assicurativa a carico dell'Ateneo.

Per l'ammissione alla prova finale lo studente deve aver conseguito tutti i crediti formativi previsti dall'ordinamento didattico del corso. 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 <http://www.scienze.uniroma2.it/?cat=60&catParent=4>

## OFFERTA FORMATIVA

### 1° ANNO

#### I semestre

[A]	MAT/05	Matematica I	9 cfu
[A,B]	CHIM/03	Chimica Generale ed Inorganica I e laboratorio	15 cfu
[F]	INF/01	Informatica	2 cfu
[E]	L-LIN/12	Inglese B2-Liv.Base/Inglese C1-Liv. Interm	4 cfu

#### II semestre

[A]	MAT/05	Analisi Matematica II	6 cfu
[B]	CHIM/03	Chimica Generale ed Inorganica II	6 cfu
[A,B]	CHIM/06	Chimica Organica I	9 cfu
[A]	FIS/03	Fisica I	9 cfu

### 2° ANNO

#### I semestre

[A,B]	CHIM/01	Chimica Analitica I e laboratorio	9 cfu
[A,B]	CHIM/06	Chimica Fisica I e laboratorio	9 cfu
[B]	CHIM/06	Chimica Organica II e laboratorio	12 cfu

#### II semestre

[A]	FIS/01	Fisica II	9 cfu
[B]	CHIM/01	Chimica Analitica II e laboratorio	9 cfu
[C]	CHIM/12	Chimica Strumentale per l'Ambiente	6 cfu

#### Opzionale 1

**3° ANNO****I semestre**

[B]	CHIM/02	Chimica Fisica II e laboratorio	12 cfu
[C]	BIO/01	Biochimica	6 cfu
[C]	CHIM/07	Elettrochimica dei Materiali	6 cfu

**Opzionale 2****Opzionali per un totale di 12 cfu**

BIO/10	Biotechnologie e Biochimica Applicata	6 cfu
CHIM/02	Chimica Fisica delle Superficie e Interfasi	6 cfu
CHIM/06	Chimica Organica III	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

**II semestre**

[E]	Stage Industria	15 cfu
[E]	Prova Finale	15 cfu

Legenda:

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

**PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI****MATEMATICA I - 9 CFU****Prof. Ugo Locatelli**

Numeri reali, numeri complessi. Funzioni reali. Continuità. Derivate. Studi di funzioni. Integrali definiti e indefiniti. Teorema fondamentale del calcolo. Successioni. Calcolo combinatorio. Formula di Taylor. Equazioni differenziali (cenni).

Risoluzione dei sistemi lineari, eliminazione di Gauss. Rango di una matrice e numero dei parametri liberi dello spazio delle soluzioni di un sistema lineare. Autovalori e autovettori, riduzione di una matrice simmetrica a una forma diagonale.

Elementi di algebra: gruppi e gruppi commutativi; anelli, campi.

Testi adottati: M. Bramanti, C.D. Pagani, S. Salsa: "MATEMATICA, calcolo infinitesimale e algebra lineare", seconda edizione, Zanichelli, Bologna.



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

**Prof. Andrea Braides**

Limiti e calcolo differenziale per funzioni di più variabili reali.

Funzioni definite implicitamente.

Integrali curvilinei e forme differenziali

Integrali multipli

Equazioni differenziali

Testi adottati: M. Bertsch, R. Dal Passo e L. Giacomelli, "Analisi Matematica" (McGraw Hill)

## **BIOCHIMICA - 6 CFU**

**Dott. Alessio Bocedi**

Aminoacidi e peptidi. Il legame peptidico. Le proteine: struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria.

Protein folding. DNA. RNA. 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: Appling, Anthony-Cahill, Mathews. Biochimica, Molecole e Metabolismo. Pearson Italia, 2017.

Nelson, Cox. I Principi di Biochimica di Lehninger. Zanichelli Editore, 2018.

## **CHIMICA STRUMENTALE PER L' AMBIENTALE - 6 CFU**

**Prof. Francesco Ricci**

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 elettrochimica

Amperometria, voltammetria, polarografia. Principi e metodi. Equazione di Cottrell. ASV e sue applicazioni.

Cronoamperometria. Potenziometria e elettrodi ione-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 ANALITICA I E LABORATORIO - 9 CFU**

**Prof.ssa Laura Micheli**

Il corso è organizzato in lezioni teoriche in aula e in prove pratiche in laboratorio. Per questioni di sicurezza, il laboratorio viene organizzato su più turni nel caso in cui la numerosità degli studenti iscritti al corso sia  $>30$ . Gli studenti devono frequentare almeno i 2/3 del laboratorio per accedere all'esame, che si articolerà in una prova incognita di laboratorio ed una prova orale.

Le lezioni vengono svolte alla lavagna con eventualmente l'ausilio del proiettore per mostrare grafici, figure, etc. rilevanti per il corso. Tutto il materiale grafico e visivo presentato verrà fornito agli studenti.

-Norme di sicurezza, prevenzione dei rischi ed elementi di primo soccorso nel laboratorio chimico.

-Principali tecniche ed operazioni di base nella pratica sperimentale chimica.

-Introduzione all'analisi qualitativa inorganica farmaceutica.

-Metodiche analitiche per l'analisi di sostanze inorganiche (riconoscimento sistematico di cationi ed anioni) di interesse farmaceutico.

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 E LABORATORIO - 9 CFU**

**Prof.ssa Fabiana Arduini**

Accuratezza, esattezza, precisione, sensibilità, ripetibilità, riproducibilità, selettività di un metodo analitico. Errori sistematici e casuali, test Q, test F. Rapporto di prova. Gravimetria, Vetreria di laboratorio. Titolazioni acido-base, titolazioni di precipitazione, titolazioni di complessazione, titolazioni redox. Il corso prevede esperienze di laboratorio in cui lo studente deve calcolare la quantità di analita presente in concentrazione incognita nel campione mediante titolazioni volumetriche o esperimenti di gravimetria. Chimica analitica applicata in ambito industriale, ambientale e agroalimentare.

Testi adottati: chimica analitica di Gary D. Christian testo suggerito.

Slide power point utilizzate a lezione e condivise dopo lezione su didattica web.

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

**Prof. Gianfranco Bocchinfuso**

Gas ideale e gas reale. Lavoro e Calore. Capacità termica. Primo principio della Termodinamica. Termochimica. Il secondo principio della termodinamica. Il ciclo di Carnot. L'entropia. L'energia libera. Il potenziale chimico. Le Transizioni di fase. Le miscele ideali e reali. I diagrammi di fase. Le proprietà colligative. Le soluzioni elettrolitiche. L'equilibrio chimico ed elettrochimico. Costante di equilibrio. Legge cinetica. Il metodo differenziale ed il metodo integrale nello studio delle cinetiche chimiche. Reazioni monomolecolari e reazioni consecutive.

Studio delle cinetiche chimiche nella approssimazione dello stato stazionario. Cinetica delle reazioni enzimatiche. Il modello cinetico dei gas e la teoria degli urti. Dipendenza della velocità chimica dalla temperatura.

Il corso prevede la partecipazione obbligatoria ad esercitazioni di laboratorio per lo studio delle transizioni di fase mediante tecniche calorimetriche e per lo studio cinetico di una reazione chimica mediante tecniche spettrofotometriche. Lo studente consegnerà relazioni sulle esercitazioni svolte.

Testi adottati: Chimica Fisica. Autori P. Atkins e J de Paula. Ed. Zanichelli

## **CHIMICA FISICA II E LABORATORIO - 12 CFU**

**Prof. Antonio Palleschi (9 CFU), Dott.ssa Claudia Mazzuca (3 CFU)**

Modulo I

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.

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  $A \leftrightarrow B$ .

Reazione di scambio. Teoria dello stato di transizione.

Modulo II

Lo spettro elettromagnetico. Interazione radiazione - materia. Concetti generali della spettroscopia molecolare. Regole di selezione e intensità di una transizione; legge di Lambert-Beer. Forma delle bande spettrali. Approssimazione di Born-Oppenheimer. Spettroscopia rotazionale in fase gassosa.

Spettroscopia vibrazionale in fase gassosa e in soluzione. Modi normali di vibrazione. Uso di spettri vibrazionali per il riconoscimento di sostanze e di determinazione di parametri molecolari in molecole biatomiche e poliatomiche. Principio di Franck-Condon. Spettroscopia elettronica. Simboli di termine.

Esperienze di laboratorio riguardanti acquisizione ed interpretazione di spettri roto-vibrazionali ed elettronici di molecole biatomiche e poliatomiche.

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

B. Pispisa, *Appunti di termodinamica Statistica*, dispense; - D.D. Fitts, *Principles of Quantum Mechanics*, Cambridge University Press; F. Bernath, *Spectra of Atoms and Molecules*, Oxford University Press

Appunti, materiale didattico ed esercizi forniti dai docenti.

## **CHIMICA GENERALE ED INORGANICA I e LABORATORIO - 15 CFU**

**Prof. Pietro Tagliatesta**

La struttura dell'atomo. L'atomo di Bohr: quantizzazione dei livelli energetici. Proprietà ondulatorie dell'elettrone. Livelli energetici permessi. I 4 numeri quantici. Orbitali atomici, interpretazione fisica e rappresentazioni grafiche. Atomi polielettronici. Livelli energetici degli orbitali atomici. Il principio dell'Aufbau. Relazione tra configurazioni elettroniche degli elementi e struttura della Tavola Periodica. Energia di ionizzazione. Affinità per l'elettrone. Regolarità delle proprietà chimico fisiche in gruppi e periodi della Tavola Periodica. Caratteristiche fondamentali degli elementi dei gruppi rappresentativi. Il legame ionico. Raggi ionici.

Il legame covalente. Strutture di Lewis. Molecole biatomiche omonucleari degli elementi del I e II periodo: legami molecolari e caratteristiche chimiche. Molecole biatomiche eteronucleari. Polarità di legame. L'elettronegatività. Il legame negli idruri alcalini, acidi alogenidrici e alogenuri alcalini. Molecole poliatomiche. Il metodo del legame di valenza. Ibridizzazione ( $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$ ) e risonanza.

Elettroni spaiati e "Lone Pairs": effetti sulla struttura e sulla reattività. Livelli energetici e geometrie molecolari: il legame chimico in alcune molecole di particolare importanza (  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{BH}_3$ ;  $\text{BF}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{ClO}^-$ ,  $\text{ClO}_2^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$  ). Il legame dei metalli. Reticoli metallici e loro caratteristiche. I legami del tipo Van der Waals tra atomi e molecole. Il legame idrogeno. La struttura dell'acqua liquida e solida. Proprietà generali di fasi condensate dovute a legami di tipo ionico, covalente, metallico, molecolare. Definizione dello stato standard. Lo stato di equilibrio. Costante di equilibrio e le sue espressioni. Legge di azione di massa. Dipendenza dalla temperatura delle costanti di equilibrio. L'equilibrio nei cambiamenti di composizione chimica: le reazioni chimiche. Teoria acido-base di Arrhenius. Equilibri omogenei in soluzione acquosa. Forza di acidi e basi. Equilibrio di dissociazione dell'acqua. Definizione di pH. Reazioni di neutralizzazione. Idrolisi salina.

Soluzioni tampone Teoria acido-base di Brønsted: coppie coniugate acido/base. Relazione tra forza acida e struttura. Caratteristiche dei più importanti acidi e basi inorganici. Equilibri eterogenei in soluzione acquosa. Composti poco solubili: equilibri di solubilità e relativa costante ( $K_{ps}$ ). Numero di ossidazione: significato e regole di calcolo.

Pile chimiche ed equazione di Nernst. Elettrodo di riferimento ad idrogeno e tabella di potenziali redox. Pile a concentrazione. Elettrodo a calomelano. Misura del pH mediante pila. Pile commerciali. Elettrolisi e legge di Faraday. Corrosione e protezione.

Testi adottati: S. Failla, R. Paolesse, A. Pasini, M. Pasquali, P. Tagliatesta e L. Valli. Chimica generale e Inorganica. Edi-ermes editore, Milano, Italia.

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

**Prof. Pietro Tagliatesta**

Chimica Inorganica di base degli elementi principali della tavola periodica. Reattività e composti. Composti organometallici. Molecole semplici con i metodi VB ed MO. I complessi dei metalli di transizione. Campo cristallino ed orbitali molecolari. Catalisi omogenea: reazioni industriali importanti. Chimica bioinorganica: enzimi e reazioni in vivo.

Testi adottati: P. Atkins, T. Overton, J. Rourke, M. Weller, F. Armstrong. Chimica Inorganica. Zanichelli Editore

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

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

**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;

M. Loudon, Chimica Organica EdISES;

J. McMurry, Chimica Organica, Piccin;

P. Vollhardt, Chimica Organica, Zanichelli.

## **CHIMICA ORGANICA II E LABORATORIO - 12 CFU**

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

**Prof. Massimo Bietti (9 CFU), Prof. Pierluca Galloni (3 CFU)**

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. Tecniche di laboratorio: cristallizzazione, distillazione, estrazione liquido-liquido e liquido-solido, sublimazione, cromatografia. Tecniche spettroscopiche: UV-Vis, NMR, MS.

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

"La chimica organica in laboratorio" 8a edizione Autore: Marco D'Ischia Editore: Piccin

Dispense fornite dal docente.

## **CHIMICA DELLE SUPERFICI e delle INTERFASI - 6 CFU**

**Prof. Mariano Venanzi**

Interazioni intermolecolari. Natura e termodinamica delle interfacce liquido-liquido. Proprietà elettriche delle superfici. Superfici solide. Tecniche sperimentali per lo studio delle superfici solide. Interfaccia liquido-solido. Interfaccia solido-gas. Chimica dei colloidali. Chemisorbimento e catalisi.

Testi adottati: A.W. Adamson, A. P. Gast Physical Chemistry of Surfaces, Wiley Press.

## **ELETTROCHIMICA DEI MATERIALI - 6 CFU**

**Prof.ssa Elisabetta Di Bartolomeo (3 CFU), Dott.ssa Barbara Mecheri (3 CFU)**

Classificazione dei materiali. Principali strutture cristalline metalliche. Strutture cristalline solidi ionici. Macromolecole polimeriche e vetri. Difetti delle strutture cristalline: punto, linea e superficie. Il movimento delle dislocazioni. Relazioni difetti proprietà. La conduzione metallica e cenni di teoria delle bande. Il modello di Drude. La conduzione dei semiconduttori intrinseci ed estrinseci.

La giunzione p-n. La conduzione nei solidi ionici. La chimica dei difetti e conducibilità. La notazione di Kroger-Vink. Difetti intrinseci. Difetti sostituzionali. Formazione di vacanze di ossigeno. Diagramma di Brouwer. Conduttori di ioni ossigeno. Dipendenza della conducibilità ionica dalla temperatura, dal tipo di difetti e dall'atmosfera.

Celle a combustibile ad ossidi solidi (SOFC): materiali, componenti e applicazioni.

Conduttori elettronici a base di carbonio e polimeri. Conduttori ionici: Fenomeni di trasporto in soluzioni elettrolitiche e elettroliti polimerici. Legge di Kohlrausch e legge della migrazione indipendente degli ioni. Relazione tra mobilità, conduttività e coefficiente di diffusione (relazione di Einstein, relazione di Nernst-Planck). Interfaccia conduttore elettronico/conduttore ionico: l'elettrodo.

Reazioni elettrochimiche; l'equilibrio elettrochimico, l'origine del potenziale elettrodico e l'equazione di Nernst.

La velocità delle reazioni chimiche e la catalisi. Fattori che influenzano la velocità di una reazione. Legge cinetica, costante di velocità e ordine di reazione. La teoria dello stato di transizione, equazione di Arrhenius, meccanismi di reazione. Cenni di elettrocatalisi. Cinetica elettrochimica e sovratensioni agli elettrodi polarizzati. L'equazione di Butler-Volmer. Curve di polarizzazione di un dispositivo elettrochimico. Tecniche elettrochimiche di base: Metodo potenziostatico, Voltammetria a scansione lineare del potenziale, Voltammetria ciclica, Spettroscopia elettrochimica di impedenza.

Classificazione dei dispositivi elettrochimici. Batterie e celle a combustibile per la sostenibilità energetica.

Batterie primarie e accumulatori: requisiti e caratteristiche funzionali. Alcune batterie di uso comune: pila alcalino-manganese, accumulatore al piombo, accumulatori al litio. Batterie a flusso per l'accumulo di energia rinnovabili: dispositivi al vanadio. Celle a combustibile a elettrolita polimerico alimentate a idrogeno e metanolo diretto (PEMFC, DMFC). Sistemi bioelettrochimici: celle a combustibile enzimatiche, celle a combustibile microbiche e celle di elettrosintesi microbiche.

Testi adottati: materiale didattico fornito dal docente

## **FISICA I - 9 CFU**

**Dott.ssa Manuela Angela Scarselli**

Le caratteristiche dello spazio-tempo e descrizione qualitativa del movimento. Cinematica del punto materiale. Dinamica del punto materiale: principi della dinamica. Lavoro. Energia cinetica. Forze conservative. La conservazione dell'energia meccanica totale. Dinamica dei sistemi. Corpi rigidi: statica e dinamica del moto di rotazione e momento angolare. Urti tra punti materiali e corpi rigidi. Statica dei fluidi ideali. Elementi di fluidodinamica. Moto stazionario ed irrotazionale. Fluidi reali: viscosità e moto laminare. Caratteristiche del moto in regime turbolento. Tensione superficiale. Teoria cinetica dei gas (cenni). Nella parte finale del corso verranno affrontati-proposti argomenti a scelta concordati con gli studenti (es. termodinamica, onde elastiche, solidi e fluidi reali).

Testi adottati: Elementi di Fisica (volume 1): Nigro, Voci, Mazzoldi, casa editrice Edises

## FISICA II - 9 CFU

**Dott. Francesco Tombesi**

Elettrostatica nel vuoto. Interazioni elettriche e carica elettrica. Induzione elettrostatica. Legge di Coulomb. Campo elettrostatico (varie configurazioni). Linee di forza. Moto di una carica in un campo elettrostatico. Potenziale ed energia potenziale elettrostatica. Superfici equipotenziali. Dipolo elettrico: forze e energia in un campo esterno. Teorema di Gauss in forma integrale: sue applicazioni nei casi di simmetria sferica, cilindrica e piana. Conduttori ideali (potenziale e distribuzione di carica).

Teorema di Coulomb. Condensatori (serie e parallelo).

Capacità di un conduttore e di un condensatore (caso sferico, cilindrico e piano). Energia di un condensatore. Densità di energia elettrostatica.

Dielettrici. La costante dielettrica. Polarizzazione dei dielettrici.

Equazioni generali dell'elettrostatica in presenza di dielettrici. Meccanismi di polarizzazione di molecole in gas, liquidi e solidi (cenni).

Corrente elettrica. Densità ed intensità di corrente. Legge di Ohm in forma integrale e locale. Resistenza e resistività. Modello classico della conduzione elettrica. Mobilità di cariche elettriche in vari conduttori: resistività e temperatura in metalli e semiconduttori. Superconduttori. Resistenze in serie e in parallelo. Potenza dissipata. Forza elettromotrice. Carica e scarica di un condensatore. Corrente di spostamento.

Campo magnetico costante nel vuoto. Forza di Lorentz. Forza magnetica su di un conduttore percorso da corrente. Seconda formula di Laplace. Forze su di una spira in un campo magnetico. Energia di una spira in un campo magnetico. Teorema di Ampere. Moto di una particella in un campo magnetico costante. Legge di Biot e Savart. Prima formula di Laplace.

Campo magnetico di una spira sul proprio asse. Forze fra fili percorsi da correnti. Teorema della circuitazione di Ampere. Solenoide indefinito. Solenoide toroidale.

Materiali magnetici. Permeabilità e suscettività magnetica. Meccanismi di magnetizzazione. Le sostanze diamagnetiche, paramagnetiche, ferromagnetiche (gas, liquidi e solidi).

Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. Legge di Faraday. Coefficiente di autoinduzione. Circuito RL in chiusura ed apertura. Energia di una induttanza. Densità di energia del campo magnetico. Legge di Ampere-Maxwell. Equazioni di Maxwell in forma integrale.

Onde elettromagnetiche e ottica fisica. Onde piane. Onde piane sinusoidali. Vettore di Poynting. Intensità media di un'onda. Polarizzazione delle onde elettromagnetiche. Spettro delle onde elettromagnetiche. Luce e indice di rifrazione. Principio di Huygens-Fresnel. Riflessione, rifrazione, dispersione. Polarizzazione per riflessione, per assorbimento selettivo e per diffusione. Interferenza di Young e da lamine sottili. Diffrazione di Fraunhofer.

Testi adottati: "Elementi di Fisica: Elettromagnetismo e onde", Mazzoldi, Nigro, Voci; "Fisica per scienze e ingegneria: volume secondo", Serway, Jewett



## **INFORMATICA - 2 CFU**

**Prof. Gianfranco Bocchinfuso**

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 del Fortran, che non prevedano l'utilizzo di subroutine o function

Testi adottati: materiale fornito dal docente

## **INGLESE - L-LIN/12 - 4 CFU**

Per il corso di lingua Inglese consultate il link :

<http://www.scienze.uniroma2.it/?cat=22&catParent=16>

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

**Dott. Giuseppe Pomarico**

Tecniche di laboratorio: cristallizzazione, distillazione, estrazione liquido-liquido e liquido-solido, sublimazione, cromatografia. Tecniche spettroscopiche: UV-Vis, NMR, MS. Esperienze di laboratorio: sintesi del dibenzalacetone (DBA) mediante condensazione aldolica incrociata, bromurazione del timolo catalizzata da metallo di transizione, sintesi dell'acido acetilsalicilico (Aspirina), sintesi di un colorante organico reazione di diazocopolazione. I prodotti delle reazioni saranno caratterizzati mediante tecniche UV-vis, NMR, GC-MS, LC-MS.

Testi adottati: "La chimica organica in laboratorio" 8a edizione Autore: Marco D'Ischia Editore: Piccin  
Dispense fornite dal docente.