



Corso di studi: Chimica (Laurea magistrale)

Denominazione: Chimica

Dipartimento : CHIMICA E CHIMICA INDUSTRIALE

Classe di appartenenza: LM-54 SCIENZE CHIMICHE

Interateneo: No

Interdipartimentale: No

Obiettivi formativi: Il Corso di Laurea Magistrale in Chimica si propone di formare laureati con una solida preparazione culturale nei principali settori di questa disciplina, preparazione adeguata per affrontare con competenza ed autonomia sia attività professionali che di ricerca accademica ed industriale, e per consentire l'accesso alla Scuola di Dottorato in Scienze Chimiche. Il percorso formativo si articola in 3 curricula (Chimico Analitico, Inorganico e Chimica Fisico, Chimico Organico) ognuno dei quali comprende un blocco di insegnamenti obbligatori nelle discipline chimiche fondamentali, con l'obiettivo di completare la formazione di base acquisita con la Laurea, e di introdurre le conoscenze specialistiche più avanzate. Ciascun curriculum è poi caratterizzato da un gruppo di insegnamenti relativi alla disciplina prescelta ed alcuni insegnamenti di materie affini o integrative e si completa con le attività formative a scelta dello studente e con la prova finale nella forma di una tesi sperimentale da svolgersi sotto la guida di un docente universitario presso l'Università o, in parte, presso aziende ed enti esterni. Il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale comprende parecchi gruppi di ricerca operanti in diversi settori della Chimica, che possono fornire laboratori avanzati adatti allo svolgimento del lavoro di tesi. L'alto numero di crediti attribuito alla prova finale assicura lo svolgimento di una tesi sperimentale di ampio respiro, che permetterà allo studente di applicare il bagaglio culturale acquisito alla risoluzione di problematiche sperimentali anche complesse.

Numero stimato immatricolati: 40

Requisiti di ammissione e modalità di verifica: Per l'accesso al Corso di Laurea Magistrale in Chimica (classe LM-54) è necessaria una adeguata preparazione personale sulle seguenti materie: Matematica, Fisica e Informatica. Chimica di base: inorganica, organica, fisica, analitica, industriale e biologica. Occorre inoltre aver acquisito abilità pratica nei laboratori chimici. E' richiesta infine la conoscenza di una lingua dell'Unione Europea oltre all'italiano anche con riferimento ai lessici disciplinari. Possono accedere direttamente al Corso di Laurea Magistrale in Chimica i laureati triennali in possesso di una laurea affine dell'area scientifica o di altro titolo di studio equivalente, anche conseguito all'estero, riconosciuto idoneo. A questo proposito, lo studente dovrà avere acquisito nei Corsi di Studio precedenti almeno 80 crediti formativi complessivi nei settori scientifico-disciplinari CHIM/01-CHIM/12, almeno 24 crediti formativi nei settori FIS/01-FIS/08, MAT/01-MAT/09, ed almeno 6 crediti formativi nei settori BIO/10-BIO/15. La Commissione Didattica verificherà, caso per caso ed in via preliminare, le attività formative presenti nel curriculum precedente, con i relativi crediti formativi, e valuterà l'adeguatezza della preparazione personale necessaria per poter seguire proficuamente il Corso di Laurea Magistrale. In mancanza dei requisiti curriculari richiesti, la Commissione Didattica valuterà se i requisiti curriculari mancanti siano stati comunque acquisiti quale contributo marginale di altre discipline o quale apporto extra-curriculare. Qualora la Commissione ritenga sufficiente il livello delle conoscenze e competenze dello studente, esprimerà un giudizio di idoneità, che consentirà l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale.

Specificità CFU: Le attività formative sono costituite da corsi di lezioni teoriche, esercitazioni in aula, laboratorio, tirocini.

Per i corsi costituiti solo da lezioni teoriche ogni CFU corrisponde a 8 ore di didattica frontale e 17 ore di studio individuale. Per i corsi costituiti da lezioni teoriche ed esercitazioni in aula ogni CFU corrisponde a 10 ore di lezione e 15 ore di studio individuale. Per i corsi costituiti da esercitazioni in laboratorio con lezioni di introduzione alle esercitazioni ogni CFU corrisponde a 15 ore di lezione (ripartite fra didattica frontale ed esercitazioni in laboratorio) e 10 ore di studio individuale..

Modalità determinazione voto di Laurea: Il curriculum, il lavoro di tesi e l'esame di laurea concorreranno alla formazione del voto di laurea come segue:

A) si ricava la base di partenza dalla media pesata (sulla base dei CFU) dei voti ottenuti negli esami del corso, si esprime in centodecimi e si arrotonda al numero intero più vicino (a quello superiore nel caso di valore semi-intero);

B) la commissione di laurea valuta il lavoro di tesi e l'esame di laurea con un voto da 6 a 11 e tale punteggio si addiziona al punteggio di base ottenuto al punto A.

È facoltà del Relatore o del Presidente della Commissione di Laurea proporre, nel caso in cui il candidato abbia un punteggio di base non inferiore a 103 e raggiunga la valutazione finale di 110/110, l'assegnazione della lode, in conseguenza del curriculum particolarmente brillante del candidato.

Attività di ricerca rilevante: I docenti del Corso di Laurea Magistrale in Chimica afferiscono in larga maggioranza al Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale. Le principali aree di ricerca sono: Settori CHIM/01 e CHIM/12: Metodologie analitiche strumentali per la caratterizzazione di materiali nel campo ambientale, agro-alimentare, clinico, biotecnologico e dei beni culturali. Procedure innovative basate su cromatografia, spettrometria di massa e chemiometria per l'identificazione dei materiali organici in micro-campioni nel settore dei Beni Culturali e studio dei processi di degrado. Metodologie per la caratterizzazione del profilo metabolico in piante normali e geneticamente modificate (GMP). PNR in Antartide. Procedure per il monitoraggio e controllo della contaminazione ambientale. Progettazione e validazione di biosensori optoelettronici e chemoelettronici. Aspetti cinetici e termodinamici delle reazioni degli acidi nucleici con intercalatori; valutazione dell'impatto sulla salute di nanoparticelle metalliche. Ultrafiltrazione per il recupero di metalli nocivi e preziosi. Settore CHIM/02: Termodinamica di miscele liquide: misure sperimentali e sviluppo di relazioni previsionali. Studio della micellizzazione in soluzione acquosa. Sistemi artificiali per il trasporto di ossigeno. Fotoreazioni organiche e in mezzi chirali con uso di luce polarizzata circolarmente. Spettroscopia di assorbimento, fluorescenza e diffusione da matrici solide. Nuove tecniche NMR, modellistica e simulazione della struttura e dinamica di cristalli liquidi. Teoria e simulazione di processi molecolari indotti da radiazione intensa. Teoria e simulazione di reazioni fotochimiche. Fotochimica supramolecolare e materiali fotomodulabili. Fotochimica dell'atmosfera. Modelli teorici delle proprietà di nanomateriali e di dimensioni molecolari. Settore CHIM/03: Sintesi di derivati alchilcarbamici e studio comparativo della loro struttura e reattività. Studio della reattività di leganti metallo-coordinati: reazioni di sostituzione o di attacco ai leganti e loro implicazioni in catalisi ed in sintesi metallo-assistite di composti organici. Sintesi e caratterizzazione strutturale di silicati microporosi analoghi a fasi minerali naturali e studio delle loro proprietà chimico-fisiche. Impiantazione di ioni metallici su superfici di matrici inorganiche. Preparazione di materiali nanostrutturati contenenti cluster metallici alternati a spaziatori organici coniugati. Studio del comportamento ossido-riduttivo di complessi metallici con tecniche elettrochimiche. Settori CHIM/04, CHIM/05 e ING-IND/22: Catalisi con catalizzatori a base di metalli di transizione, ottenimento di molecole per la chimica organica industriale con riferimento ai processi e prodotti per la chimica fine, trasferimento di elettroni; chimica delle macromolecole per la produzione di materiali sia strutturali che funzionali riguardanti composti e nanocompositi e polimeri per usi speciali e biomateriali, lo sviluppo di processi e materiali ecocompatibili e biorinnovabili, materiali biodegradabili e riciclo delle materie plastiche. Settore CHIM/06: Sintesi organica stereoselettiva per la preparazione di sostanze chirali, con applicazioni in campo biomedico/farmaceutico e agroalimentare. Sviluppo e studio di nuovi catalizzatori e nuovi metodi di eterogeneizzazione. Sviluppo di nuove metodologie sintetiche con composti organometallici. Immobilizzazione di enzimi su supporti solidi per la preparazione di intermedi chimici chirali. Stereochimica e determinazione quali-quantitativa di composti e addotti organici, organometallici e bioorganici con tecniche spettroscopiche. Impiego di vapori metallici e attivazione dei metalli per la catalisi omogenea ed eterogenea.



Applicazioni delle microonde in reazioni organiche. Sintesi di composti naturali analoghi con attività antitumorale e di semiochimici per insetti. Sintesi di sostanze eteroaromatiche di potenziale interesse farmacologico con reazioni catalitiche di arilazione.

Rapporto con il mondo del lavoro: Il tirocinio di tesi, per gli studenti che scelgono di svolgerlo presso aziende o enti esterni all'università, è un'ottima introduzione ad attività lavorative proprie del laureato magistrale in chimica. Importanti studi e rilevazioni di istituti accreditati (Federchimica, Istat, Unioncamere, Alma Laurea), sottolineano l'interesse del settore produttivo e le buone prospettive professionali offerte dal settore chimico industriale. Il progetto Stella mostra che, a distanza di un anno dal conseguimento del titolo, la grande maggioranza dei laureati a Pisa ha un impiego nel settore chimico o prosegue gli studi in corsi di dottorato.



**Curriculum: Curriculum Chimico Inorganico****Primo anno (63 CFU)****Chimica Analitica III (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Analitica III	6	CHIM/01	Caratterizzanti

Chimica Inorganica II. (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Inorganica II	6	CHIM/03	Caratterizzanti

Chimica Inorganica III (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Inorganica III	6	CHIM/03	Caratterizzanti

Chimica Organica III con esercitazioni in aula (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Organica III con esercitazioni in aula	6	CHIM/06	Caratterizzanti

Laboratorio di Chimica Inorganica II (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Laboratorio di Chimica Inorganica II	6	CHIM/03	Caratterizzanti

Materiali Inorganici (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Materiali Inorganici	6	CHIM/03	Caratterizzanti

Catalisi (3 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Catalisi	3	CHIM/03	Affini o integrative

Metallorganica (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Metallorganica di base	6	CHIM/03	Affini o integrative
Chimica dei Composti Contenenti Legami Metallo-Metallo	3	CHIM/03	Affini o integrative

Gruppo: GR3 (6 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Rosa di attività del SSD CHIM/02 per i curricula Chimico Analitico, Chimico Inorganico e Chimico Organico	Affini o integrative	
Note: Un corso a scelta tra i seguenti: Chimica Fisica Biologica Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare Metodi Spettroscopici Avanzati		

Libera scelta (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Libera scelta	9	NN	Altre attività - scelta libera dello studente



Curriculum: Curriculum Chimico Inorganico

Secondo anno (57 CFU)

Laboratorio di Tecniche Chimiche Avanzate (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Laboratorio di tecniche chimiche avanzate	9	CHIM/03	Affini o integrative

Gruppo: GR2 (6 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Rosa di attività caratterizzanti di discipline chimiche industriali	Affini o integrative	
Note: Un corso a scelta tra i seguenti: Biotecnologie Industriali Chimica Macromolecolare Industriale		

Tesi e prova finale (42 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Tesi e prova finale	39	NN	Altre attività - prova finale
Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	NN	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro

**Curriculum: Curriculum Chimico Analitico****Primo anno (57 CFU)****Chimica Analitica III (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Analitica III	6	CHIM/01	Caratterizzanti

Chimica Inorganica II. (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Inorganica II	6	CHIM/03	Caratterizzanti

Chimica Organica III con esercitazioni in aula (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Organica III con esercitazioni in aula	6	CHIM/06	Caratterizzanti

Laboratorio di Chimica Analitica III (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Laboratorio di Chimica Analitica III	6	CHIM/01	Caratterizzanti

Chimica Analitica dei Beni Culturali (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Analitica dei Beni Culturali A	3	CHIM/01	Affini o integrative
Chimica Analitica dei Beni Culturali B	3	CHIM/01	Affini o integrative

Chimica Analitica IV (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Analitica IV	6	CHIM/01	Affini o integrative

Gruppo: GR2 (6 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Rosa di attività caratterizzanti di discipline chimiche industriali	Affini o integrative	
Note: Un corso a scelta tra i seguenti: Biotecnologie Industriali Chimica Macromolecolare Industriale		

Gruppo: GR3 (6 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Rosa di attività del SSD CHIM/02 per i curricula Chimico Analitico, Chimico Inorganico e Chimico Organico	Affini o integrative	
Note: Un corso a scelta tra i seguenti: Chimica Fisica Biologica Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare Metodi Spettroscopici Avanzati		

Libera scelta (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Libera scelta	9	NN	Altre attività - scelta libera dello studente



Curriculum: Curriculum Chimico Analitico

Secondo anno (63 CFU)

Chimica Analitica V (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Analitica V	6	CHIM/01	Caratterizzanti

Laboratorio di Chimica Analitica V (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Laboratorio di Chimica Analitica V	6	CHIM/01	Caratterizzanti

Laboratorio di Tecniche Chimiche Avanzate (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Laboratorio di tecniche chimiche avanzate	9	CHIM/03	Affini o integrative

Tesi e prova finale (42 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Tesi e prova finale	39	NN	Altre attività - prova finale
Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	NN	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro

**Curriculum: Curriculum Chimico Organico****Primo anno (51 CFU)****Chimica Analitica III (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Analitica III	6	CHIM/01	Caratterizzanti

Chimica Inorganica II. (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Inorganica II	6	CHIM/03	Caratterizzanti

Chimica Organica III con esercitazioni in aula (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Organica III con esercitazioni in aula	6	CHIM/06	Caratterizzanti

Stereochimica (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Stereochimica	6	CHIM/06	Caratterizzanti

Laboratorio di Chimica Organica III (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Laboratorio di Chimica Organica III	6	CHIM/06	Affini o integrative

Sostanze Organiche Naturali di Interesse Biologico e Applicativo (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Sostanze Organiche Naturali di Interesse Biologico e Applicativo	6	CHIM/06	Affini o integrative

Gruppo: GR3 (6 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Rosa di attività del SSD CHIM/02 per i curricula Chimico Analitico, Chimico Inorganico e Chimico Organico	Affini o integrative	
Note: Un corso a scelta tra i seguenti: Chimica Fisica Biologica Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare Metodi Spettroscopici Avanzati		

Libera scelta (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Libera scelta	9	NN	Altre attività - scelta libera dello studente



Curriculum: Curriculum Chimico Organico

Secondo anno (69 CFU)

Chimica Organica IV con esercitazioni in aula (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Organica IV con esercitazioni in aula	6	CHIM/06	Caratterizzanti

Laboratorio di Chimica Organica IV (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Laboratorio di Chimica Organica IV	6	CHIM/06	Caratterizzanti

Laboratorio di Tecniche Chimiche Avanzate (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Laboratorio di tecniche chimiche avanzate	9	CHIM/03	Affini o integrative

Gruppo: GR2 (6 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Rosa di attività caratterizzanti di discipline chimiche industriali	Affini o integrative	
Note: Un corso a scelta tra i seguenti: Biotecnologie Industriali Chimica Macromolecolare Industriale		

Tesi e prova finale (42 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Tesi e prova finale	39	NN	Altre attività - prova finale
Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	NN	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro

**Curriculum: Curriculum Chimico Fisico****Primo anno (63 CFU)****Chimica Analitica III (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Analitica III	6	CHIM/01	Caratterizzanti

Chimica Fisica Biologica (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Fisica Biologica	6	CHIM/02	Caratterizzanti

Chimica Inorganica II. (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Inorganica II	6	CHIM/03	Caratterizzanti

Chimica Organica III con esercitazioni in aula (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Organica III con esercitazioni in aula	6	CHIM/06	Caratterizzanti

Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare	6	CHIM/02	Caratterizzanti

Metodi Spettroscopici Avanzati (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Metodi Spettroscopici Avanzati	6	CHIM/02	Caratterizzanti

Termodinamica Statistica (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Termodinamica Statistica	6	CHIM/02	Caratterizzanti

Gruppo: GR1 (12 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Rosa di attività affini ed integrative per il curriculum Chimico Fisico	Affini o integrative	
Note: Due corsi a scelta tra i seguenti: Chimica Fisica dello Stato Solido e dei Materiali Chimica Teorica Metodi Matematici della Chimica Fisica Termodinamica delle Soluzioni, delle Soluzioni Organizzate e dei Sistemi Colloidali		

Libera scelta (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Libera scelta	9	NN	Altre attività - scelta libera dello studente



Curriculum: Curriculum Chimico Fisico

Secondo anno (57 CFU)

Laboratorio di Tecniche Chimiche Avanzate (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Laboratorio di tecniche chimiche avanzate	9	CHIM/03	Affini o integrative

Gruppo: GR2 (6 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Rosa di attività caratterizzanti di discipline chimiche industriali	Affini o integrative	
Note: Un corso a scelta tra i seguenti: Biotecnologie Industriali Chimica Macromolecolare Industriale		

Tesi e prova finale (42 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Tesi e prova finale	39	NN	Altre attività - prova finale
Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	NN	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro



Gruppi per attività a scelta nel CDS Chimica

Gruppo GR1 (12 CFU)

Descrizione: Rosa di attività affini ed integrative per il curriculum Chimico Fisico

Tipologia : Affini o integrative

Note:

Due corsi a scelta tra i seguenti:

Chimica Fisica dello Stato Solido e dei Materiali

Chimica Teorica

Metodi Matematici della Chimica Fisica

Termodinamica delle Soluzioni, delle Soluzioni Organizzate e dei Sistemi Colloidal

Attività contenute nel gruppo

Chimica fisica dello stato solido e dei materiali (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica fisica dello stato solido e dei materiali	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Affini o integrative	lezioni frontali

Chimica teorica (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica teorica	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Affini o integrative	lezioni frontali

Metodi matematici della Chimica Fisica (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Metodi matematici della Chimica Fisica	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Termodinamica delle soluzioni, delle soluzioni organizzate e dei sistemi colloidal (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Termodinamica delle soluzioni, delle soluzioni organizzate e dei sistemi colloidal	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Gruppo GR2 (6 CFU)

Descrizione: Rosa di attività caratterizzanti di discipline chimiche industriali

Tipologia : Affini o integrative

Note:

Un corso a scelta tra i seguenti:

Biotechnologie Industriali

Chimica Macromolecolare Industriale

Attività contenute nel gruppo

Biotechnologie Industriali (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Biotechnologie Industriali	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali

Chimica Macromolecolare Industriale (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Macromolecolare Industriale	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali

Gruppo GR3 (6 CFU)

Descrizione: Rosa di attività del SSD CHIM/02 per i curricula Chimico Analitico, Chimico Inorganico e Chimico Organico

Tipologia : Affini o integrative

Note:

Un corso a scelta tra i seguenti:

Chimica Fisica Biologica



Regolamento Chimica

Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare
Metodi Spettroscopici Avanzati

Attività contenute nel gruppo

Chimica Fisica Biologica (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Fisica Biologica	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Caratterizzanti	lezioni frontali

Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Metodi Spettroscopici Avanzati (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Metodi Spettroscopici Avanzati	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni



Attività formative definite nel CDS Chimica

Bioteecnologie Industriali (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Industrial Biotechnologies

Obiettivi formativi: L'insegnamento si propone di fornire allo studente un'approfondita conoscenza degli strumenti biotecnologici industriali di base quali i processi di fermentazione industriale e bioconversione, mettendo in risalto le potenzialità applicative dei microorganismi nei processi volti alla produzione industriale di metaboliti e biomassa. Il programma sarà incentrato sulle modalità operative di conduzione dei bioprocessi, sui modelli cinetici e sulle basi metaboliche della formazione dei prodotti. Saranno quindi descritti alcuni processi fermentativi industriali e le applicazioni in ambito ambientale, biomedico ed alimentare dei prodotti.

L'ausilio delle ore di esercitazione fornirà allo studente gli strumenti necessari per determinare i principali parametri fermentativi di crescita microbica per la produzione su larga scala di metaboliti.

Obiettivi formativi in Inglese: Aim of the course is to provide a deep knowledge of the fundamental biotechnological tools such as industrial fermentation and bioconversion, highlighting the importance of applying micro-organisms for the industrial production of metabolites and biomass. The program will focus on the procedures for bioprocess development, the kinetic models and the metabolic basis for product formation. Industrial fermentation processes will be described together with the employments of the products for environmental, biomedical and food applications.

The combination with practical exercises will allow students to gain the necessary tools for the design and measurements of the fundamental fermentation parameters to achieve optimal microbial growth for the large scale production of metabolites.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Bioteecnologie Industriali	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali

Biotrasformazioni in Chimica Organica (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Biotransformations in Organic Chemistry

Obiettivi formativi: L'obiettivo del corso è quello di presentare allo studente l'uso degli enzimi come biocatalizzatori in trasformazioni chimiche di composti organici. Saranno illustrate le biotrasformazioni ad opera delle principali classi di enzimi, richiamando i principi fondamentali e gli aspetti stereochimici della catalisi enzimatica. Verranno esaminate alcune importanti tecniche sperimentali quali l'utilizzo dei solventi organici e l'immobilizzazione degli enzimi. Infine, saranno descritte le principali applicazioni della biocatalisi in campo industriale.

Obiettivi formativi in Inglese: The course focuses on the use of natural catalysts -enzymes- for the transformation of organic compounds. Different types of biotransformations performed with the most useful enzymes are presented; fundamental principles of biocatalysis and stereochemical aspects are also mentioned. Special techniques as the use of organic solvents and the immobilization of enzymes are illustrated. Finally, industrially relevant methods for the synthesis of optically active compounds are discussed.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Biotrasformazioni in Chimica Organica	3	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Catalisi (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Catalysis

Obiettivi formativi: Il Corso di Catalisi si propone di illustrare i concetti di base della catalisi eterogenea e omogenea. Saranno prese in esame le principali classi di catalizzatori evidenziandone le proprietà in funzione delle caratteristiche delle reazioni. Partendo dall'esame di alcuni processi industriali che utilizzano catalizzatori sia omogenei che eterogenei, questo Corso mostrerà i problemi coinvolti e come questi sono stati risolti.

Obiettivi formativi in Inglese: The Course is concerned with an deepening of the basic principles for the understanding of the phenomenon the heterogeneous and homogeneous catalysis. It will be illustrated the main classes of the catalysts, showing the properties as a function of the main features of the reactions. The Course of Catalysis surveys the field of homogeneous and heterogeneous catalysis, and, by highlighting a number of industrial processes, shows how one should think about the problems involved, and how they have been answered.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Per seguire il corso sono necessarie le conoscenze di base della chimica inorganica e organica, impartite nei corsi di laurea triennale in Chimica o in Chimica per l'Industria e l'Ambiente.

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano



Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Catalisi	3	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Affini o integrative	lezioni frontali

Catalizzatori nanostrutturati in sintesi organica (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Nanocatalysts in organic synthesis

Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire allo studente conoscenze sulle metodologie di preparazione di catalizzatori nanostrutturati mono- e bimetallici e sulle loro principali applicazioni alla sintesi organica ed a processi di interesse industriale

Obiettivi formativi in Inglese: To acquire a background on the fundamental methodologies for the preparation of mono- and bimetallic nanoparticles and on their application as catalytic precursors in organic synthesis and industrial reactions

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Catalizzatori nanostrutturati in sintesi organica	3	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Chemiometria (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Chemometrics

Obiettivi formativi: "Fornire agli studenti una conoscenza di base dei metodi statistici multivariati per l'analisi di dati chimici. Tramite lezioni teoriche, esercitazioni in aula di informatica ed esempi, gli studenti acquisiranno familiarità con i più utilizzati metodi di pattern analysis (analisi delle componenti principali, analisi dei cluster) e disegno sperimentale, nell'ottica delle possibili applicazioni in chimica analitica.

Obiettivi formativi in Inglese: "The course gives a base knowledge of multivariate statistical methods for the analysis of chemical data. By mean of theoretical lessons, practical exercise in informatic laboratory and examples, students will get to familiarise with the more commonly adopted methods of pattern analysis (principal component analysis, cluster analysis) and experimental design, with particular attention to the applications in analytical chemistry.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chemiometria	3	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Chimica Analitica dei Beni Culturali (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Cultural Heritage Analytical Chemistry

Obiettivi formativi: Chimica Analitica dei Beni Culturali A: le tecniche di indagine non invasive e non distruttive. La chimica e l'arte; i materiali organici; i pigmenti pittorici; preparazione di una cross section di un campione pittorico; il microscopio ottico; colore e colorimetria; spettrofotometria IR: trasmissione, riflessione diffusa, riflessione speculare, ATR; spettrofotometria Raman; tecniche di indagine che impiegano i raggi X; SEM-EDX; PIXE;

Chimica Analitica dei Beni Culturali B: le tecniche di indagine basate sulla spettrometria di massa e cromatografia. SIMS: introduzione e impiego per lo studio di materiali inorganici; SIMS per l'analisi di materiali organici; datazione al radiocarbonio; GC-MS e Py-GC-MS per l'analisi di materiali pittorici; procedure analitiche, trattazione dei dati, esempi e applicazioni; GC-MS; reazioni termicamente assistite; tecniche di iniezione diretta in spettrometria di massa per l'analisi di materiali pittorici; la proteomica per la determinazione di materiali proteici in manufatti pittorici

Obiettivi formativi in Inglese: Analytical Chemistry for Cultural Heritage A: non invasive and non destructive investigation techniques. Art and chemistry; organic materials; pictorial pigments; preparation of a paint cross section; optical microscopy, colour and colorimetry; IR spectrophotometry in transmission, diffuse and specular reflection modes, ATR; Raman spectrophotometry; investigation techniques using X-rays; SEM-EDX; PIXE

Analytical Chemistry for Cultural Heritage B: investigation techniques based on mass spectrometry and chromatography. SIMS: introduction and use for the characterisation of organic and inorganic materials; radiocarbon dating; GC-MS and Py-GC-MS for the characterisation of organic materials: analytical procedures, data treatments, examples and applications; thermally assisted reactions; direct introduction techniques for mass spectrometry for the characterisation of paint materials; proteomics for the characterisation of proteinaceous paint binders

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Nessun obbligo di frequenza



Regolamento Chimica

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Analitica dei Beni Culturali A	3	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Affini o integrative	lezioni frontali
Chimica Analitica dei Beni Culturali B	3	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Affini o integrative	lezioni frontali

Chimica Analitica III (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Analytical Chemistry III

Obiettivi formativi: "Il corso di Chimica Analitica III si propone di approfondire gli aspetti più critici della chimica analitica applicata alla caratterizzazione di sistemi reali. Il corso affronterà tutte le fasi di una procedura analitica (dalla preparazione del campione alla valutazione del dato finale), compresi i metodi per il controllo e l'assicurazione della qualità dei dati analitici, ed approfondirà le modalità di approccio all'analisi di matrici reali complesse, proponendo in particolare alcuni esempi applicativi in campo ambientale, alimentare, biomedico e dei beni culturali. Infine, saranno trattati alcuni aspetti legati alla chimica analitica di processo.

Alla fine del corso lo studente dovrà essere in grado di sviluppare una procedura analitica, determinare le sue prestazioni e valutare criticamente i risultati sperimentali.

Obiettivi formativi in Inglese: "The course of Analytical Chemistry III aims to examine the most critical aspects of analytical chemistry applied to the characterization of real systems. The course will cover all the phases of an analytical procedure (from sample preparation to final evaluation of the data), including methods for quality control and quality assurance of analytical data, in particular addressing some analytical problems in the environmental, food, biomedical and cultural heritage fields. Finally, some aspects of the process analytical chemistry will be presented.

At the end of the course students will be able to develop an analytical procedure, to determine the most important figures of merit and to critically evaluate the experimental results.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Nessun obbligo di frequenza

Modalità di verifica finale: La valutazione risulterà da un esame orale, nel quale gli studenti dovranno dimostrare di avere raggiunto gli obiettivi formativi sopra definiti.

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Analitica III	6	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Caratterizzanti	lezioni frontali

Chimica Analitica IV (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Analytical Chemistry IV

Obiettivi formativi: "Fornire allo studente le conoscenze di base relative alle tecniche strumentali più importanti per lo studio e la caratterizzazione di interfacce e superfici, con particolare riguardo a: tecniche a raggi X, spettroscopia elettronica per l'analisi chimica (ESCA), spettrometria di massa con sorgente a Glow Discharge (GDMS) e con ionizzazione secondaria (SIMS).

Inoltre lo studente sarà introdotto a tecniche moderne di spettrometria di massa come Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) combinate a sistemi in linea per la separazione di analiti (per esempio cromatografia liquida). La combinazione della tecnica Laser Ablation con ICPMS sarà anche considerata durante il corso.

A complemento, verranno anche trattate tecniche spettroscopiche basate su sorgenti di luce a sincrotrone per la caratterizzazione di campioni di diversa origine.

Obiettivi formativi in Inglese: "The scope of the course is to provide the student with basic knowledge of the most relevant instrumental techniques for the characterization of interfaces and surfaces. In particular, X-ray spectroscopy, electronic spectroscopy for chemical analysis (ESCA), glow discharge mass spectrometry (GDMS) and secondary ion mass spectrometry (SIMS) will be considered.

The student will be also introduced to modern mass spectrometric techniques as inductively coupled mass spectrometry (ICP-MS) combined with on-line systems for chemical separation (as for instance liquid chromatography). The combination of Laser ablation with ICP-MS will be also treated.

As a complement, spectroscopic techniques based on synchrotron light sources for the characterization of samples of different origin are included.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Nessun obbligo di frequenza

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Analitica IV	6	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Affini o integrative	lezioni frontali

**Chimica Analitica Spettroscopica II (3 CFU)****Denominazione in Inglese:** Analytical Chemistry Spectroscopy II**Obiettivi formativi:** "In questo corso si sviluppa il concetto di simmetria nell'ambito della teoria dei gruppi per l'interpretazione dello spettro molecolare. Saranno inoltre esaminati importanti accessori che possono essere assemblati ad uno spettrofotometro FT-IR quali: il microscopio e vari altri accessori di riflessione. Infine si darà anche una introduzione alla Spettroscopia Fotoacustica.**Obiettivi formativi in Inglese:** "This course is aimed to develop the geometric definition of symmetry in the group theory for the interpretation of molecular spectra. Applications of FT-IR Microspectroscopy, Attenuated Total Reflectance, Multiple Internal Reflection and introduction at the Photoacoustic Spectroscopy are presented.**CFU:** 3**Reteirabilità:** 1**Propedeuticità:** Nessun obbligo di frequenza**Modalità di verifica finale:** Esame orale**Lingua ufficiale:** Italiano**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Analitica Spettroscopica	3	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Chimica Analitica V (6 CFU)**Denominazione in Inglese:** Analytical Chemistry V**Obiettivi formativi:** Fornire allo studente le conoscenze dei principi teorici, strumentali ed applicativi relativi a: tecniche di luminescenza molecolare, tecniche di elettroforesi, metodi enzimatici, metodi basati sui sensori, proteomica. Vengono affrontate applicazioni avanzate di metodi spettroscopici e spettrometrici. Il corso mostra le attività di ricerca nel settore della chimica analitica applicata.**Obiettivi formativi in Inglese:** "The course provides the student with an advanced knowledge on analytical chemistry, modern instrumental methods and techniques. Included are such topics as molecular luminescence, electrophoresis, sensor and biosensors, proteomics. Advanced applications associated with spectroscopic and spectrometric methods of analysis will also be presented. The course gives student an overview of current research activities in applied analytical chemistry.**CFU:** 6**Reteirabilità:** 1**Propedeuticità:** Chimica Analitica III e Chimica Analitica IV. Nessun obbligo di frequenza**Modalità di verifica finale:** Esame orale**Lingua ufficiale:** Italiano**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Analitica V	6	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Caratterizzanti	lezioni frontali

Chimica Bioanalitica (3 CFU)**Denominazione in Inglese:** Analytical Biochemistry

Obiettivi formativi: La fluorescenza. Stati eccitati e loro decadimenti, radiativi e non radiativi. Diagramma di Jablonski. Caratteristiche dell'emissione. Spettri di emissione, di eccitazione e di assorbimento. Shift di Stokes. Misura della fluorescenza. Spettrofluorimetro. Relazione tra fluorescenza e concentrazione. Effetto di filtro interno. Scelta della lunghezza d'onda di eccitazione e di emissione. Aspetti dinamici della fluorescenza. Velocità dei decadimenti. Resa quantica in termini di costanti di velocità di decadimento e sua misura. Misura dei tempi di vita. Metodologie basate sul dominio dei tempi. Metodologie basate sul dominio delle frequenze. Uso dei tempi di vita per scopi strutturali. Il quenching di fluorescenza. Quenching statico e quenching dinamico. Equazione di Stern-Volmer. Esempi di quenching e sue applicazioni. Il FRET (fluorescence resonance energy transfer). Donatori e accettori di energia, sovrapposizione di spettri. La teoria di Foerster. Relazione tra la costante cinetica di decadimento di fluorescenza e la distanza tra donatore e accettore. Efficienza del FRET. Efficienza e rese quantiche. La distanza di Foerster. Il FRET in biofisica e in chimica bioanalitica. Il "sensing" di fluorescenza. Uso di sensori fluorescenti nella chimica bioanalitica. Sensori per esplosivi. FCS Fluorescence correlation spectroscopy). Osservazione e analisi di singole molecole tramite la spettroscopia di correlazione di fluorescenza. Fluttuazioni di fluorescenza in soluzioni estremamente diluite ($< 10^{-9}$ M). Il femtovolume. Descrizione e uso di uno strumento per FCS. Costruzione della curva di correlazione a partire dalle fluttuazioni di fluorescenza. Sistemi a un componente: determinazione del coefficiente di diffusione, della concentrazione e del tempo di vita di tripletto. Sistemi a due componenti che reagiscono tra loro. Esempi. La chemiluminescenza e le sue applicazioni in chimica analitica

Elettroforesi. Grandezze caratteristiche: campo elettrico, mobilità dell'anale, rapporto carica/volume. Equazioni della velocità di migrazione. Elettroforesi classica. Supporti, tamponi, controllo dell'effetto Joule. Il flusso elettroosmotico. Velocità del flusso elettroosmotico. Tipi di elettroforesi e loro descrizione: Elettroforesi zonale, focalizzazione isoelettrica, isotacoforesi, elettroforesi bidimensionale, immunoelettroforesi, elettroforesi rocket. Separazione di proteine. Uso di soluzioni micellari (sodiododecilsolfato). Separazione di acidi nucleici. Elettroforesi su gel di agarosio e di poliacrilammide. Elettroforesi capillare. Trattamento dei capillari. Controllo e/o eliminazione del flusso elettroosmotico. Sensibilità e risoluzione dell'elettroforesi capillare.

Obiettivi formativi in Inglese: Fluorescence. Excited states and their radiative and non-radiative decays. Jablonsky diagram. Emission properties. Emission and excitation and absorption spectra. The Stokes shift. Fluorescence measurements. The spectrofluorometer. Concentration dependence of fluorescence. Inner filter effect. Choice of excitation and emission wavelengths. Dynamic aspects of fluorescence. The decay rate. The quantum yield from decay rate. Life-time measurements. Methods based on time-domain and on frequency domain. Life-time and structure. The quenching of fluorescence. Static and dynamic quenching. The Stern-Volmer equation. Applications of quenching. FRET (fluorescence resonance energy transfer).



Regolamento Chimica

Donors and acceptors of energy. Spectra overlapping. The Foerster theory. Decay rate constants and donor-acceptor distance. The FRET efficiency. Efficiency and quantum yields. The Foerster distance. FRET in biophysics and analytical biochemistry. The fluorescence sensing. Use of fluorescence sensors in bioanalytical chemistry. Sensors for explosives. FCS (Fluorescence correlation spectroscopy). Fluorescence fluctuations in extremely diluted solutions (<10⁻⁹M). The femtovolume. Description and use of a FCS apparatus. Building of the correlation curve from fluorescence fluctuations. One-component systems: evaluation of diffusion coefficient, concentration, and triplet life-time. Two-component systems. Examples of FCS application. The chemiluminescence and its use in analytical chemistry.

Electrophoresis. Properties. Electric field, analyte mobility, charge/volume ratio. Migration rate equations. Classical electrophoresis. Support media. Buffers, Joule effect and its control. The electroosmotic flow and its evaluation. Types of electrophoresis: zonal electrophoresis, isoelectric focalization, isothacoforesis, immunoelectrophoresis, rocket electrophoresis. Separation of proteins. Use of micellar pseudophases (Sodium dodecylsulphate). Nucleic acids separation. Gel electrophoresis (agarose and polyacrylamide). Capillary electrophoresis. Handling of capillaries. Control and/or elimination of the electroosmotic flow. Sensitivity and resolution of capillary electrophoresis.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Bioanalitica	3	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Chimica dei Composti di Coordinazione II (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Coordination Chemistry II

Obiettivi formativi: Gli studenti dovranno acquisire una buona conoscenza delle reazioni tipiche dei composti di coordinazione dei metalli di transizione d e degli andamenti osservati, con particolare attenzione a specie contenenti H₂, CO, N₂, NO, O₂, CO₂ come leganti.

Programma sintetico: Reattività dei composti di coordinazione. Reazioni di sostituzione, reazioni con trasferimento elettronico tra due centri metallici, reazioni a stampo, reazioni di inserzione, di addizione ossidativa, di attacco a leganti coordinati.

Sintesi, caratteristiche e reattività di complessi contenenti H₂, CO, N₂, NO, O₂, CO₂ come leganti.

Obiettivi formativi in Inglese: The aim of the course is to present the principal reactions which are characteristic of the d metal complexes (compared with other centres) in a systematic way.

The program mainly concerns with the reactivity of the coordination compounds (substitution reactions, electronic exchange reactions, template reactions, insertion and oxidative addition reactions, attacks to coordinated ligands).

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica dei Composti di Coordinazione II	3	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Chimica Fisica Biologica (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Biophysical Chemistry

Obiettivi formativi: Obiettivi formativi: conoscenza dei metodi e delle tecniche chimico fisiche idonee allo studio di struttura e funzioni delle macromolecole di interesse biologico.

Tecniche chimico fisiche per lo studio della struttura e della conformazione delle macromolecole biologiche. Equilibri e cinetica del legame di leganti alle macromolecole biologiche. Regolazione dell'attività biologica. Transizioni conformazionali e folding reversibile. Equilibri di membrana e trasporto attraverso membrane biologiche.

Obiettivi formativi in Inglese: Physical chemical techniques for the study of biological structures, function and behaviour.

Ligand interaction at equilibrium. Kinetics of ligand interactions. Regulation of biological activity. Conformational equilibria and reversible folding of proteins. Membrane equilibria and transport in biological membranes.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Fisica Biologica	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Caratterizzanti	lezioni frontali



Chimica fisica dei fluidi (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Physical chemistry of liquids

Obiettivi formativi: Obiettivi formativi:

conoscenza dei principali metodi teorici per lo studio di sistemi in fase fluida.

Contenuti:

Strumenti teorici per lo studio di struttura (teorie della funzione di distribuzione, metodi perturbativi) e dinamica (eq. di Langevin, funzioni di correlazione dipendenti dal tempo, idrodinamica) di fluidi.

Obiettivi formativi in Inglese: Theoretical approaches to the fluid state. Structure (distribution function theories, perturbation methods) and dynamics (time dependent correlation functions, Langevin equation, hydrodynamics)

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica fisica dei fluidi	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e delle Interfasi (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Physical chemistry of Dispersed Systems and Interfaces

Obiettivi formativi: Il corso si prefigge lo scopo di fornire i concetti chimico fisici su cui si fonda il comportamento dei sistemi colloidali ed i principi necessari per comprendere la fenomenologia di sistemi di interesse industriale ed applicativo in cui la presenza di un'estesa interfase costituisce un aspetto caratterizzante. Saranno approfonditi in particolare gli aspetti termodinamici riguardanti la natura e le proprietà dei sistemi colloidali, delle superfici e delle interfasi.

Contenuti

Colloidi. Termodinamica delle superfici, delle interfasi e dell'adsorbimento. Interazioni tra particelle colloidali. Bagnabilità delle superfici. Emulsioni: formazione e stabilità.

Obiettivi formativi in Inglese: The course is aimed to give the physico-chemical concepts grounding the behavior of colloids and the principles necessary to the phenomenological comprehension of systems of industrial as well as applicative interest characterized by a large interface. Particular attention will be paid to the thermodynamic aspects of the nature and properties of colloid dispersions, surfaces, and interfaces.

Contents

Nature of colloids. Thermodynamics of surfaces, interfaces, and adsorption. Interactions in dispersed systems. Wetting of surfaces by liquids. Emulsions: formation and stability.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e delle Interfasi	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Chimica fisica dello stato solido e dei materiali (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Physical chemistry of the solid state

Obiettivi formativi: Obiettivi formativi: comprensione delle proprietà chimico-fisiche dei solidi cristallini anche ai fini delle loro utilizzazioni pratiche.

Contenuti:

Struttura cristallina: fondamenti e metodi di indagine sperimentale (diffrazione). Forze di coesione. Dinamiche reticolari: vibrazioni elastiche e modelli di solidi. Proprietà termodinamiche e meccaniche dei solidi. Struttura elettronica: bande e densità degli stati.

Metalli e gas di elettroni. Proprietà elettriche e magnetiche. Difetti reticolari. Superfici e effetti di interesse chimico.

Obiettivi formativi in Inglese: Contents:

Crystal structure: basic concepts and experimental methods of investigation (diffraction). Cohesion. Lattice dynamics: elastic vibration and model of solids. Mechanical and thermodynamic properties.

Electronic structure: energy bands and density of states. Metals and electron gas. Electric and magnetic properties. Lattice defects. Surfaces and chemistry.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Nessun obbligo di frequenza

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica fisica dello stato solido e dei materiali	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Affini o integrative	lezioni frontali



Chimica Fisica organica (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Physical organic chemistry

Obiettivi formativi: Contenuti:

Cinetica chimica formale. Il meccanismo di reazione. Usi cinetici e non cinetici degli isotopi. Studio degli intermedi di reazione. Correlazioni tra struttura e reattività. Effetto del solvente. Criteri stereochimici. Relazioni extra-termodinamiche e loro basi termodinamiche (Hammett, Bronsted, Taft,...). Fenomeni di catalisi: catalisi acida e basica, catalisi chimica e fisica, catalisi enzimatica. Reazioni di addizione, sostituzione e eliminazione. Cenni sulla teoria delle reazioni concertate. Reazioni elettrocicliche, cicloadizioni, trasposizioni sigmatropiche.

Obiettivi formativi in Inglese: Experimental and theoretical aspects of chemical reaction kinetics.

Reaction mechanisms. The use of isotopes in studying a reaction mechanism. Study of reaction intermediates. Reactivity vs. structure correlations. Solvent effect. Stereochemical criteria.

Extrathermodynamic relationships (Hammett, Bronsted, Taft,...).

Catalysis: acid and base catalysis, chemical and physical catalysis, enzymatic catalysis. Addition reactions, substitution reactions and elimination reactions. Theoretical analysis for the concerted reactions.

Electrocyclic reactions, Cycloaddition reactions, sigmatropic reactions.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Fisica organica	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Chimica industriale II (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Industrial Chemistry II

Obiettivi formativi: Il corso prenderà in esame il processo chimico industriale nella sua totalità discutendo, sulla base di esemplificazioni basate sui processi correnti, in particolare nel settore delle commodities organiche, i criteri di scelta che portano all'adozione delle soluzioni attuali e le prospettive innovative. I principali aspetti del processo (resa nel prodotto, sicurezza, bilancio energetico, impatto ambientale ed economico) saranno discussi nell'ottica dell'ottimizzazione dei parametri di processo. Verranno inoltre esaminate, anche con esercitazioni pratiche, la messa a punto e la gestione di processi innovativi, sia in chimica industriale di base che in chimica fine (metodologie di passaggio di scala, valutazione del rischio, sicurezza ed impatto ambientale, proprietà intellettuale, analisi economica).

Obiettivi formativi in Inglese: The whole chemical process will be studied in all its fundamental steps, analysing with many examples (in particular in the field of organic commodities) the different process solutions and the innovative perspectives.

The main process aspects (yield, safety, energy recovery, environmental and economic impact) will be discussed for the optimisation of the process parameters. Novel processes, in the field of commodities and also of fine chemicals, will be discussed and integrated with problem solving activities with (methodologies of scale-up, risk assessment, intellectual property and patents, safety and environment friendly processes, economic analysis).

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Industriale II	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali

Chimica Inorganica II. (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Inorganic Chemistry II

Obiettivi formativi: Gli studenti dovranno approfondire le loro conoscenze generali sugli elementi in accordo alla posizione nella Tabella Periodica ed acquisire abilità nel confrontare elementi e composti relativamente alle interazioni tra le particelle che li costituiscono, attraverso esempi che riguardano sistemi di varia complessità.

Il programma riguarderà una analisi della Tabella Periodica e delle caratteristiche degli elementi. I gruppi 1-18 e gli elementi di transizione interna (blocco f). Approfondimento su acidi e basi. Solventi non acquosi. Confronto tra i cloruri degli elementi sulla base della loro composizione. Catene, anelli e gabbie. Alcuni aspetti di Bioinorganica: cicli biogeochimici; reattività di O₂, trasportatori di O₂.

Obiettivi formativi in Inglese: The aim of the course is to improve the knowledge about the chemistry of the elements, relatively to their position in the periodic table, by comparing them and their compounds through examples of different complexity.

The program will deal with: the elements of the groups 1-18 and the f elements; the comparison of the binary halides ECln, according to their composition; acids and bases; non-aqueous solvents; chains, rings, cages; some topics of bioinorganic chemistry (biogeochemical cycles, O₂ reactivity, O₂ carriers).

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Nessun obbligo di frequenza.

Modalità di verifica finale: Esame orale



Regolamento Chimica

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Inorganica II	6	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Caratterizzanti	lezioni frontali

Chimica Inorganica III (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Inorganic Chemistry III

Obiettivi formativi: Sarà valutato lo stato in cui si trovano importanti studi di chimica inorganica quali hydrogen economy, idrogenazione della CO₂, ed hydrogen storage. Dall'esame critico della recente letteratura su questi soggetti, risultano evidenti alcuni errori ormai largamente diffusi. Verranno proposte alcune correzioni.

Obiettivi formativi in Inglese: The current status of chief projects of inorganic chemistry, such as hydrogen economy, hydrogen storage, CO₂ hydrogenation, will be evaluated. A critical examination of the recent literature shows a number of widely propagated misleading statements. Attempts to correct these will be made.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Inorganica III	6	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Caratterizzanti	lezioni frontali

Chimica Macromolecolare Industriale (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Macromolecular Industrial Chemistry

Obiettivi formativi: L'attività formativa intende fornire un'ampia visione dell'industria dei polimeri attuale con l'obiettivo principale di far apprendere i fondamenti chimici alla base della progettazione, della preparazione e dell'applicazione su larga scala industriale dei polimeri.

Il corso richiamerà i principi generali della chimica industriale dei polimeri, soprattutto quelli di sintesi, ma anche quelli di origine naturale. Fornirà poi conoscenze più approfondite sulla progettazione molecolare, la sintesi e la caratterizzazione dei polimeri industriali a partire sia dai prodotti della petrolchimica che della chimica fine, che da fonti rinnovabili. Affronterà alcuni aspetti chimici catalitici e meccanicistici della preparazione e del ciclo di vita dei polimeri industriali; di questi esaminerà le principali proprietà chimico-fisiche, in vista dei possibili impieghi.

Lo studente apprenderà i criteri di scelta dei prodotti e dei processi più moderni e vantaggiosi e conoscerà le problematiche connesse con la produzione su scala industriale e il suo impatto socio-economico e ambientale. Saprà inoltre definire correlazioni struttura-reattività e struttura-proprietà dei polimeri industriali in riferimento alle loro prestazioni in particolari settori applicativi.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims at providing a wide understanding of modern polymer industrial chemistry with the principal objective of achieving a good knowledge of the chemical fundamentals of the design, preparation and application of polymers on a large scale.

At the beginning the basic principles will be recalled of the industrial chemistry of polymers, mainly synthetic polymers but natural polymers as well. Later on, special features will be studied in more detail dealing with the molecular design, preparation and characterization of industrial polymers starting from both petrochemicals, fine chemicals and chemicals from renewable resources. Interest will be placed on the catalytic and mechanistic aspects of the synthesis and life cycle of polymers. Attention will also be devoted to analyzing the main physical-chemical properties, in view of possible uses.

The student will learn criteria for selection of more actual and profitable products and processes and will know the current problems associated with large scale, industrial production and its social-economical and environmental impact. He/she will be able to define structure-reactivity and structure-property relationships for industrial polymers, in view of their practical performance in specific application areas.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Macromolecolare Industriale	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali

Chimica Organica III con esercitazioni in aula (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Organic Chemistry III with tutorial activity

Obiettivi formativi: Il programma del corso si articola nei seguenti argomenti

- Formazione di legami C-C e C-eteroatomo: alcheni coniugati di I, II e III specie; loro formazione e loro reattività in reazioni di sostituzione e di condensazione con metodologie classiche ed avanzate



Regolamento Chimica

- Reazioni di cicloadizione e cicloversione: concetti generali, nomenclatura, loro studio mediante trattazione degli orbitali molecolari e regole di selezione di Woodward-Hoffmann
- Reazioni a trasferimento di idruro: concetti generali, trasferitori organici ed inorganici
- Processi di ossidazione non convenzionali: DMSO attivato, diossirani, periodinano di Dess-Martin
- Trasposizioni: elettrofiliche, radicaliche, nucleofiliche ; trasposizioni nucleofiliche 1,2, trasposizioni cicliche non 1,2, trasposizioni sigmatropiche, alliliche, elettrocicliche.

Il corso si prefigge l'obiettivo di far conoscere sia gli sviluppi più moderni di procedure sintetiche organiche classiche sia metodi innovativi di sintesi. Solo per gli studenti del curriculum Chimico-Organico le lezioni teoriche sono accompagnate da esercitazioni in aula per introdurre gli studenti alla progettazione di sintesi di composti organici polifunzionali, anche di avanzata complessità, che possano avere anche un interesse applicativo in campo biochimico.

Obiettivi formativi in Inglese: The course program is divided into the following topics

- Formation of C-C and C-heteroatom bonds: alkenes conjugated I, II and III species, their formation and their reactivity in of substitution and condensation reactions by classical and advanced methods
- Cycloaddition and cycloreversion reactions: general concepts, nomenclature, their study through discussion of molecular orbitals and selection rules of Woodward-Hoffmann
- Hydride transfer reactions : general concepts, organic and inorganic transfer agents
- Unconventional oxidation systems: activated DMSO, dioxiranes, Dess-Martin periodinane
- Rearrangements: electrophilic, free-radical, nucleophilic, 1,2 nucleophilic rearrangements, non-1,2 rearrangements (sigmatropic and electrocyclic rearrangements), allylic rearrangements.

The course's objective is to make known both the latest developments of classical synthetic organic procedures and the innovative methods of synthesis. Only for students of Organic Chemical curriculum, theoretical lessons are accompanied by exercises in the classroom to introduce students to the design of synthesis of multifunctional organic compounds, including advanced complexity, which may have also an interest in applications such as biochemistry and agrochemistry.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Prova scritta e prova orale per gli studenti del curriculum organico. Solo prova orale per gli studenti dei curricula diversi da quello organico.

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Organica III con esercitazioni in aula	6	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Chimica Organica IV con esercitazioni in aula (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Organic Chemistry IV with classroom exercises

Obiettivi formativi: Il corso si propone di far acquisire agli studenti la conoscenza di moderne metodologie, utilizzabili per preparazioni su piccola scala e talora anche su scala industriale, di composti organici di notevole interesse applicativo. tra queste prodotti della chimica fine quali farmaci, sostanze di interesse agrochimico e composti utilizzabili come precursori per la preparazione di nuovi materiali. Tra tali metodologie particolare enfasi sarà data alle reazioni di formazione di legami carbonio-carbonio o carbonio-eteroatomo catalizzate da composti di metalli di transizione, da quelle tradizionali coinvolgenti reagenti organometallici classici a quelle più innovative che prevedono l'attivazione di legami carbonio-idrogeno o eteroatomo-idrogeno, analizzandone sia gli aspetti sintetici che meccanicistici.

Obiettivi formativi in Inglese: The main goal of this course is to show the most recent protocols for the synthesis, from lab-scale to industrial-scale, of relevant classes of organic compounds including biologically-active derivatives, agrochemicals and new materials. Among these protocols, main emphasis will be given to the metal-mediated carbon-carbon and carbon-heteroatom bond formation reactions, starting from the classical procedures involving organometallic derivatives to the most innovative, such as carbon-hydrogen or carbon-heteroatom activation reactions. Practical and mechanistic aspects of the examined synthetic protocols will be critically discussed.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Sono propedeutici i corsi di Chimica organica del primo anno della Magistrale.

Modalità di verifica finale: Esame scritto e orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Organica IV con esercitazioni in aula	6	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Quantum chemistry and molecular modelling

Obiettivi formativi: Obiettivi formativi:

saper utilizzare i metodi di calcolo quanto-chimici o di Meccanica Molecolare più comuni e saper valutare l'attendibilità dei risultati.

Contenuti:

Fondamenti dei più comuni metodi della chimica quantistica (HF, DFT, CI, MPn, semiempirici). Meccanica Molecolare e metodi misti. Campo di applicazione, qualità dei risultati ed istruzioni per l'uso.

Obiettivi formativi in Inglese: Principles of the most common methods of quantum chemistry (HF, DFT, CI, MPn, semiempirical). Molecular Mechanics and hybrid methods. Application domain, quality of results and user instructions.



Regolamento Chimica

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Nessun obbligo di frequenza

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Quantistica e Modellistica Molecolare	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Chimica teorica (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Theoretical Chemistry

Obiettivi formativi: Obiettivi formativi:

Comprendere e saper valutare criticamente i metodi di calcolo della chimica teorica.

Contenuti:

Seconda quantizzazione. Matrici densità. Metodi della chimica teorica: HF, DFT, MC-SCF, metodi perturbativi, Funzioni risposta statiche e dinamiche, Forze intermolecolari.

Obiettivi formativi in Inglese: A critical comprehension of the methods of calculation used in Theoretical Chemistry.

Second quantization. Density matrices. Methods of the Theoretical Chemistry: HF, DFT, MC-SCF, perturbative. Static and dynamic response functions. Intermolecular forces.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame scritto e orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica teorica	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Affini o integrative	lezioni frontali

Cristallografia Mod. I (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Crystallography

Obiettivi formativi: Il corso fornisce allo studente gli elementi basilari della cristallografia geometrica, nonché delle metodologie di indagine strutturale condotte con diffrazione di raggi X.

Richiami di cristallografia geometrica, gruppi spaziali. Richiami di cristallografia a raggi, tecniche sperimentali, il diffrattometro a cristallo singolo. Intensità dei raggi diffratti, fattore di struttura, densità elettronica. Determinazione della struttura, metodo di Patterson. Raffinamento della struttura e parametri geometrici.

Obiettivi formativi in Inglese: The goal of the course is to present the basic elements of geometrical crystallography, as well as the methods of structural investigation through X-ray diffraction.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Cristallografia I	3	GEO/06 MINERALOGIA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Elettrochimica (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Electrochemistry

Obiettivi formativi: Introduzione. Definizioni e principi dell'elettrochimica e dei processi di trasferimento elettronico. Grandezze termodinamiche. Equilibrio elettrodo. Equazione di Nernst. Coefficienti di affinità. Classificazione delle celle: celle galvaniche e celle elettrolitiche. Potenziale elettrostatico. Potenziale di superficie.

Conducibilità delle soluzioni elettrolitiche: Conducibilità specifica ed equivalente. Misura di conducibilità e dipendenza dalla concentrazione. Teorie sulla conducibilità.

Diffusione: Leggi di Fick. Concetti e teorie fondamentali. Ponti salini. Celle con trasporto. Membrane ione-selettive. Elettrodo a vetro.

Cinetica elettrochimica: Equazioni cinetiche e velocità di reazione. Corrente di scambio. Vari tipi di sovratensione. Effetto dello stato di carica dell'elettrodo sulla cinetica. Determinazione sperimentale della sovratensione.

Tecniche per lo studio dei fenomeni elettrochimici: Potenziosmetria. Voltammetria. Polarografia. Alcuni esempi.

Applicazioni. Cenni alle principali applicazioni industriali: raffinazione dei metalli, batterie non ricaricabili e ricaricabili. Celle a combustibile. Cenni alle applicazioni nel campo dei materiali: elettrodeposizione di metalli e trattamento delle superfici su scala nanometrica. Cenni ai meccanismi di degradazione e corrosione. Effetti elettrochimici sul funzionamento di display e sensori a cristalli liquidi.

OBIETTIVI:

Alla fine del corso i ragazzi dovranno aver acquisito familiarità con i principi e i metodi elettrochimici utilizzati sia a scopo



Regolamento Chimica

analitico che chimico-fisico, in particolare finalizzati allo studio dei materiali di interesse tecnologico. Inoltre, sarà loro richiesto di approfondire uno degli argomenti proposti dal docente al fine di evidenziare le differenze tra la descrizione teorica e la realtà sperimentale.

Obiettivi formativi in Inglese: Thermodynamic introduction to electrochemistry. Cells without transference, concentration cells, membrane cells. Cells with transference. Transference numbers. Activity coefficient determinations. Diffusion potentials. An introduction to kinetic aspects of the electrode reactions and electrochemical corrosion.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Nessuno

Modalità di verifica finale: esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Elettrochimica	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Enzimologia (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Enzymology

Obiettivi formativi: L'obiettivo del corso è quello di fornire una solida base di conoscenze della catalisi enzimatica. Allo studio delle caratteristiche generali degli enzimi e del loro meccanismo d'azione, si affianca l'analisi cinetica di reazioni enzimatiche a diverso grado di complessità, nonché lo studio di fattori influenti sulle proprietà catalitiche e quindi sul controllo dell'attività enzimatica.

Obiettivi formativi in Inglese: Aim of the course is to provide students with a solid background on enzyme catalysis. General features of enzymes and catalytic mechanisms will be considered. Kinetic analysis of enzymatic reactions with various grade of complexity will be performed. Factors affecting catalytic properties and modulating enzyme activities will be studied.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Enzimologia	6	BIO/10 BIOCHIMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Fotochimica: aspetti teorici. (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Photochemistry: theoretical aspects

Obiettivi formativi: Obiettivi formativi:

acquisizione di conoscenze riguardanti gli aspetti teorici della dinamica di stati elettronici eccitati.

Contenuti:

Approssimazione di Born-Oppenheimer e transizioni non radiative; incroci evitati, intersezioni coniche. Transizioni radiative fra stati elettronici: interazione materia-campo elettromagnetico classico. Principio di Franck-Condon.

Trasferimenti di energia tra singoletti: modelli di Forster e Dexter

Obiettivi formativi in Inglese: Training purpose:

knowledge of the theoretical aspects of the dynamics of excited electronic states.

Contents:

The Born-Oppenheimer approximation and non radiative transitions.

Avoided crossings, conical intersections. Electronic radiative transitions:

interaction matter - classical electromagnetic field. The Franck-Condon principle. Singlet state energy transfer: models of Forster and Dexter.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Fotochimica: aspetti teorici	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Laboratorio di Chimica Analitica III (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Laboratory of Analytical Chemistry III

Obiettivi formativi: Il corso di Laboratorio di Chimica Analitica III consentirà allo studente di acquisire e approfondire le modalità di approccio all'analisi di matrici organiche complesse, in particolare affrontando lo studio di campioni provenienti dal campo ambientale, alimentare, biomedico e dei beni culturali. Alla fine del corso lo studente dovrà essere in grado di stabilire le potenzialità delle procedure analitiche utilizzate e di elaborare e valutare criticamente i dati e i risultati ottenuti.

"



Obiettivi formativi in Inglese: "The aim of Laboratorio di Chimica Analitica III is to give to the students a deep knowledge on the instrumental analytical techniques used in the analysis of complex organic matrices. It is also aimed to give a good level of confidence in the use of laboratory instruments used for the analysis of samples from food, environmental, biomedical and cultural heritage field. At the end of the course, the students should be able to establish the potentialities of the analytical techniques used during the laboratory experiments and to critically evaluate the data and the results obtained.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

Modalità di verifica finale: Gli studenti verranno valutati sulla base delle relazioni relative alle esperienze di laboratorio.

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Laboratorio di Chimica Analitica III	6	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Caratterizzanti	laboratorio e/o esercitazioni

Laboratorio di Chimica Analitica V (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Laboratory of Analytical Chemistry V

Obiettivi formativi: L'obiettivo del corso è quello di mettere lo studente in grado di scegliere ed applicare la metodologia analitica più idonea per risolvere in modo affidabile le problematiche proposte in campo ambientale, chimico-clinico, chimico forense, in chimica degli alimenti e in chimica dei beni culturali. Tale obiettivo verrà raggiunto inserendo specifiche esperienze di laboratorio atte a mettere in pratica aspetti trattati nel corso teorico. Il corso si sviluppa in moduli e permette di acquisire la pratica nelle aree chiave della scienza analitica moderna.

Obiettivi formativi in Inglese: This course will give the student an overview of the overall analytical process and provide him with the skills needed to apply analytical methods, produce and understand analytical measurements in a wide range of disciplines: environmental science, food chemistry, forensic science, cultural heritage, medicine. The laboratory work will provide examples of analytical problem solving. It is offered in modular form for maximum flexibility, delivers a comprehensive training in the key areas of modern analytical science.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

Modalità di verifica finale: Gli studenti verranno valutati sulla base delle relazioni relative alle esperienze di laboratorio.

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Laboratorio di Chimica Analitica V	6	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Caratterizzanti	laboratorio e/o esercitazioni

Laboratorio di Chimica Inorganica II (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Laboratory of Inorganic Chemistry II

Obiettivi formativi: Il corso si propone di mostrare le tecniche per la sintesi, purificazione, manipolazione e caratterizzazione di composti inorganici e organometallici sensibili all'aria e di addestrare gli studenti in queste operazioni con pratica di laboratorio.

Obiettivi formativi in Inglese: The aim of this course is to present to the students practical methods of synthesis, handling, isolation, and purification of inorganic and organometallic compounds and their characterization by the current techniques by means of laboratory experiences.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

Modalità di verifica finale: Esame orale e valutazione della relazione scritta sulle esperienze di laboratorio

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Laboratorio di Chimica Inorganica II	6	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Caratterizzanti	laboratorio e/o esercitazioni

Laboratorio di Chimica Organica III (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Laboratory of Organic Chemistry III

Obiettivi formativi: L'obiettivo generale è quello di completare e sistematizzare le conoscenze teoriche e pratiche dello studente riguardo alla manipolazione, isolamento e purificazione di composti organici e la loro caratterizzazione strutturale, stereochimica e dinamica con tecniche NMR avanzate, mono e bidimensionali.

In particolare saranno affrontati i seguenti aspetti:

- impiego di sostanze sensibili in atmosfera inerte;
- effettuazione di reazioni catalitiche enantioselettive, corretta manipolazione, arricchimento stereochimico e valutazione della



Regolamento Chimica

composizione enantiomerica di sostanze chirali tramite metodi cromatografici.

•acquisizione di conoscenze teoriche e pratiche su NMR multinucleare, spettroscopia bidimensionale, metodi NMR di caratterizzazione strutturale, stereochemica e dinamica di molecole isolate e di loro aggregati, metodi NMR di rivelazione della diffusione traslazionale, metodi NMR di determinazione della purezza enantiomerica e configurazione assoluta. Dal punto di vista organizzativo, sono previste una serie di lezioni teoriche nel corso delle quali saranno illustrati i principi sperimentali generali delle tecniche di manipolazione e di analisi cromatografica e quelli della spettroscopia bidimensionale e dei metodi NMR di caratterizzazione stereochemica, dinamica e termodinamica. Seguirà lo svolgimento di esperienze di laboratorio di sintesi ed esercitazioni strumentali NMR. In particolare nel corso delle esperienze di sintesi saranno sfruttate tecniche di manipolazione in atmosfera inerte per lo svolgimento di una trasformazione catalitica enantioselettiva, che prevede la preparazione multistadio di un sistema catalitico chirale e il suo impiego per l'ottenimento di composti enantiomericamente arricchiti. Dei composti sintetizzati sarà realizzata la caratterizzazione strutturale e stereochemica tramite spettroscopia NMR, con l'impiego di differenti tecniche mono e bidimensionali. Per la determinazione della purezza enantiomerica dei composti chirali sintetizzati, saranno confrontate tecniche alternative di tipo cromatografico e NMR. A tale scopo saranno preparati anche opportuni derivati diastereoisomerici di alcuni dei composti chirali.

Obiettivi formativi in Inglese: The general aim of this course is to complete and the systematize the student's theoretical and practical skills on handling, isolation, and purification of organic compounds and their structural, stereochemical, and dynamic characterization by advanced, mono- and bidimensional, NMR techniques.

In particular, the following topics will be addressed in detail:

- inert-atmosphere techniques for the use of sensitive substances;
- execution of catalytic enantioselective reactions and correct handling, stereochemical enrichment, and evaluation of the enantiomer composition of chiral substances by chromatographic methods;
- theoretical and practical knowledge of multinuclear NMR, bidimensional spectroscopy, NMR methods for structural, stereochemical, and dynamic characterization of isolated molecules and their aggregates, NMR methods for the study of translational diffusion, NMR methods for the determination of enantiomeric purity and absolute configuration.

Practically, the course will start with a cycle of lectures illustrating the general experimental principles of handling techniques, chromatographic analysis, bidimensional NMR methods, and stereochemical, dynamic and thermodynamic characterization by NMR methods. Then, the practical synthetic laboratory and instrumental NMR experiences will follow.

In detail, the synthetic practice will involve the use of inert atmosphere handling techniques for the execution of a catalytic enantioselective transformation, consisting in a multi-step preparation of a catalytic chiral system and its use for the synthesis of enantioenriched products. The compounds so obtained will be subjected to structural and stereochemical characterization by NMR techniques, both mono- and bidimensional. For the determination of the enantiomeric purity of the synthesized chiral compounds, alternative chromatographic and NMR methods will be compared. For this purpose, suitable diastereomeric derivatives will also be prepared.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

Modalità di verifica finale: Esame orale. Discussione degli argomenti trattati a lezione e delle esperienze di laboratorio e strumentali.

Almeno 15 giorni prima della prova orale suddetta, è richiesta la consegna della relazione sulle esperienze di laboratorio e strumentali, redatta secondo le istruzioni ricevute.

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Laboratorio di Chimica Organica III	6	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Laboratorio di Chimica Organica IV (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Laboratory of Organic Chemistry IV

Obiettivi formativi: Il corso si propone di far acquisire agli studenti conoscenze pratiche su metodologie per la risoluzione di problemi sintetici e strutturali, attraverso esperienze di laboratorio riguardanti lo sviluppo di un piccolo progetto di ricerca sugli argomenti trattati nei corsi di Chimica Organica, che prevedono anche l'acquisizione e l'elaborazione critica di dati di letteratura e l'analisi critica dei risultati ottenuti.

Obiettivi formativi in Inglese: Aim of the course is the acquisition of practical knowledge about methods for the resolution of synthetic and structural problems, by means of laboratory experiences concerning a small research project about the main topics of the Organic Chemistry courses, which entail also the acquisition and the critical processing of literature data as well as the critical analysis of the results.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

Modalità di verifica finale: Valutazione di relazioni scritte sull'esperienza di laboratorio

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Laboratorio di Chimica Organica IV	6	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Caratterizzanti	laboratorio e/o esercitazioni

Laboratorio di Tecniche Chimiche Avanzate (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Advanced Chemistry Laboratory



Regolamento Chimica

Obiettivi formativi: Saranno utilizzate tecniche avanzate di controllo e di analisi e/o computazionali per affrontare lo studio di reazioni chimiche o di composti scelti sulla base di una analisi della letteratura chimica recente.

Obiettivi formativi in Inglese: Advanced techniques will be used to study compounds or chemical reactions selected on the basis of the recent literature.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: prova di laboratorio

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Laboratorio di tecniche chimiche avanzate	9	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Libera scelta (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Free choice

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Libera scelta	9	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	altro

Materiali Inorganici (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Inorganic Materials

Obiettivi formativi: Il corso presenta una rassegna dei metodi di produzione, delle relazioni tra struttura e proprietà e delle applicazioni di alcuni materiali inorganici sia di tipo tradizionale che di tipo avanzato che hanno raggiunto la soglia della produzione industriale. Gli argomenti trattati riguardano solidi cristallini e solidi amorfi; boro, alluminio, carbonio e silicio; conduttori, semiconduttori e giunzioni p-n; quarzo, silice, colloidali e sol, vetri; allumina, magnesite e mullite; argilla, cementi e materiali ceramici; ossidi metallici e pigmenti inorganici; zeoliti, solidi nano strutturati. Ogni anno un esperto proveniente dal mondo industriale sostituirà il docente ufficiale nel presentare un argomento monografico tra quelli elencati sopra.

Obiettivi formativi in Inglese: The course presents a review of the production methods and of the structure/property relationships of some traditional and advanced inorganic materials, which reached the level of industrial production. Their applications are discussed. The topics concern crystalline and amorphous solids; boron, aluminium, carbon and silicon; conductors, semiconductors and junctions p-n; quartz, silica, colloids and sol, glass; alumina, magnesite, mullite; clays, cements and ceramic materials; metal oxides and inorganic pigments; zeolites; nanostructured solids. Each year an expert coming from industrial world will present a monographic topic among those listed above.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Materiali Inorganici	6	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Metalli in Medicina (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Metals in Medicine

Obiettivi formativi: Fornire le conoscenze di base sulle caratteristiche e sulle modalità di azione di molecole contenenti ioni metallici utilizzati in medicina come agenti terapeutici e diagnostici, con particolare riferimento ai metalli di transizione.

Tecniche d'indagine per la caratterizzazione delle interazioni tra complessi metallici e biomolecole, utile per la comprensione del meccanismo di azione di tali composti: spettrofotometria UV-Visibile e dicroismo circolare, spettrometria di massa, cristallografia a raggi X

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Per una migliore comprensione del corso è consigliata la conoscenza della Chimica Inorganica e quella dei Composti di Coordinazione. Nozioni base di Bioinorganica possono essere utili.

Modalità di verifica finale: esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
---------------	-----	-----	-----------	----------------



Regolamento Chimica

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Metalli in Medicina	3	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Metallorganica (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Organometallic Chemistry

Obiettivi formativi: Obiettivo del corso è affrontare uno studio sistematico della chimica dei composti dei metalli di transizione che contengano almeno un legame metallo-carbonio e illustrare le loro più importanti applicazioni. Dopo una prima parte in cui vengono discussi aspetti generali, andamenti periodici, effetti cinetici e termodinamici e reazioni di interesse comune nella chimica organometallica, sarà esaminata in dettaglio la chimica dei gruppi funzionali (alchili, arili, vinili, alchinili, carbonili, carbeni, carbini, vinilideni, complessi di olefine, dieni, alchini, allili, areni ed enili ciclici, idruri e altri leganti con donatori diversi dal carbonio).

Obiettivi formativi in Inglese: The goal of this course is to examine in detail the systematic chemistry of transition metal derivatives with at least one metal-carbon bond and to illustrate their main applications. After an introduction on general aspects, periodic trends, kinetic and thermodynamic effects and classical organometallic reactions, the chemistry of functional groups (alkyls, aryls, vinyls, alkynyls, carbonyls, carbenes, carbynes, vinylidenes, olefin, diene and alkyne complexes, allyls, arenes and cyclic enyls, hydrides and other important non-carbon ligands) will be illustrated in detail.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Chimica Metallorganica di base	6	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Affini o integrative	lezioni frontali
Chimica dei Composti Contenenti Legami Metallo-Metallo	3	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Affini o integrative	lezioni frontali

Metodi di simulazione (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Simulation techniques

Obiettivi formativi: Obiettivi formativi:

fondamenti dei principali metodi di simulazione, anche per un utilizzo consapevole di programmi commerciali

Contenuti:

Metodo Monte Carlo in vari insiemi statistici. Dinamica molecolare classica e ab initio. Esercitazioni 'di laboratorio' per scrittura di codici e impiego di programmi commerciali.

Obiettivi formativi in Inglese: Monte Carlo method in various statistical ensembles. Classic and ab initio molecular dynamics. Tutorials for preparing original codes and using commercial packages.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Metodi di simulazione	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni

Metodi innovativi in sintesi organica (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Innovative methods in organic synthesis

Obiettivi formativi: Il corso si propone di dare agli studenti conoscenze riguardo alcuni nuovi metodi di catalisi asimmetrica.

La prima parte del corso tratta dell'attivazione asimmetrica di catalizzatori non chirali, dei fenomeni di amplificazione della chiralità quali effetti non lineari ed autocatalisi. Nella seconda parte vengono trattati i principi dell'organocatalisi asimmetrica e le sue applicazioni con particolare riguardo alla reazioni di formazione di legami carbonio-carbonio.

Obiettivi formativi in Inglese: Aim of the course is to give information about some new methods of asymmetric catalysis.

Topics of the first part of the course will be the asymmetric activation of non-chiral catalysts and the study of chirality amplification phenomena, such as non-linear effects and autocatalysis. The second part will deal with asymmetric organocatalysis principles and applications, with special care to carbon-carbon forming reactions.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli



Regolamento Chimica

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Metodi innovativi in sintesi organica	3	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Metodi matematici della Chimica Fisica (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Mathematical methods of physical chemistry

Obiettivi formativi: Obiettivi formativi:

saper utilizzare gli strumenti matematici e di calcolo comunemente impiegati in chimica fisica.

Contenuti:

Struttura matematica della meccanica quantistica. Spazi vettoriali, operatori, autostati. Elementi di calcolo numerico con particolare riferimento a problemi chimico-fisici (ricerca di estremi in superfici di energia potenziale, soluzione dell'eq. di Schroedinger monodimensionale, problema di Cauchy in cinetica chimica e in dinamica molecolare).

Obiettivi formativi in Inglese: Mathematical structure of quantum mechanics. Vector spaces, operators, eigenstates.

Elements of numerical methods with focus on physico-chemical problems (search of extrema in potential energy surfaces, solution of the one-dimensional Schroedinger equation, Cauchy problem in chemical kinetics and in molecular dynamics).

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Nessun obbligo di frequenza

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Metodi matematici della Chimica Fisica	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Metodi Spettroscopici Avanzati (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Advanced Spectroscopic Methods

Obiettivi formativi: Argomenti selezionati di spettroscopia molecolare: interazione luce-materia, roto-vibrazioni molecolari e coordinate normali.

Metodi avanzati di spettroscopia ottica: applicazioni a materiali.

Metodi avanzati di spettroscopia NMR: interazioni e loro anisotropia, tecniche per lo studio di solidi e cristalli liquidi, rilassamento e dinamica molecolare, spin diffusion e morfologia di sistemi compositi, tecniche di Imaging. Esperienze di laboratorio affini agli argomenti trattati nel corso.

Obiettivi formativi in Inglese: Selected subjects of molecular spectroscopy: light-matter interaction, molecular roto-vibrations, normal coordinates.

Advanced methods of optical spectroscopy: applications to materials.

Advanced methods of NMR spectroscopy: interactions and their anisotropy, techniques for the study of solids and liquid crystals, relaxation and molecular dynamics, spin diffusion and morphology of composite systems, Imaging techniques. Laboratory experiences concerning the subjects of the course.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Metodi Spettroscopici Avanzati	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Modellistica molecolare per i sistemi complessi (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Molecular Modeling for complex systems

Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire i fondamenti dei più usati metodi ibridi e/o combinati quanto-meccanici/classici per studiare le proprietà chimiche e fisiche di bio e nanosistemi e di sistemi molecolari in ambienti complessi. Applicazioni degli stessi metodi e valutazione critica dei risultati ottenibili saranno inoltre presentate.

Obiettivi formativi in Inglese: Descrizione e obiettivi formativi:

The course will give a description of the most common hybrid and/or combined quantum mechanical/classical methods to study chemical and physical properties of bio- and nano-systems and molecular systems in complex environments.

Applications of the same methods and their critical evaluation will also be given.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Propedeuticità: Chimica quantistica e modellistica molecolare.

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli



Regolamento Chimica

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Modellistica molecolare per i sistemi complessi	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Sensori e Biosensori (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Sensors and Biosensors

Obiettivi formativi: I sensori chimici sono dispositivi analitici in grado di convertire uno stimolo di natura chimica in un segnale, generalmente elettrico. Essi consentono di ottenere informazioni velocemente e a basso costo, anche a distanza o in ambienti ostili, generalmente a prezzo (rispetto alla strumentazione analitica tradizionale) di una perdita di qualità dell'informazione ottenuta (in termini di accuratezza, precisione, completezza).

Il corso fornisce allo studente le nozioni basilari per comprendere i principi di funzionamento delle principali tipologie di sensori e dà uno spaccato dello sviluppo della ricerca in questo settore: 3 CFU sono dedicati alla teoria e 3 CFU sono dedicati al laboratorio. Per la natura dell'argomento trattato, esso ha carattere multidisciplinare. Nel corso vengono descritti: caratteristiche generali dei sensori (definizioni, componenti, modalità di classificazione, caratteristiche statiche e dinamiche), elementi di teoria dei segnali (cos'è un segnale, spettro, conversione analogico-digitale, modalità di acquisizione, disturbi e rumore), elementi di misure elettroniche (tensione, corrente, resistenza, frequenza, strumentazione relativa), elementi di fisica dello stato solido ed elettronica (conduzione nei metalli e nei semiconduttori, giunzione p-n, transistor), caratterizzazione e funzionalizzazione chimica delle superfici, biosensori, bilance microgravimetriche, sensori ottici, sensori ad ossido metallico, CHEM-FET, sistemi multisensore.

L'obiettivo del corso è quello di mettere lo studente in grado di leggere autonomamente la letteratura in materia e di poter scegliere criticamente il sensore più adatto ad un uso specifico.

Obiettivi formativi in Inglese: Chemical sensors are analytical devices capable of converting a chemical stimulus into a signal, generally of an electrical nature. They allow to obtain information quickly and at low cost, even in the distance or in harsh environments, paying the price, in comparison to traditional analytical equipment, of a loss in the quality of the information (in terms of accuracy and completeness). The course provides the student with the basic knowledge needed to understand the working principles of the main sensor types and gives him an overview of current research activities in this field.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Sensori e Biosensori	3	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Sintesi e Tecniche Speciali Organiche (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Special Organic Syntheses and Techniques

Obiettivi formativi: Scopo di questo corso è di introdurre lo studente alla moderna sintesi organica, ed in particolare alla sintesi organica sostenibile.

Pertanto, dopo un'introduzione sulle strategie sintetiche, saranno presentati i concetti, i significati e gli scopi della cosiddetta 'green chemistry'. Seguirà una descrizione generale delle metodologie sintetiche più 'verdi' (con particolare attenzione all'uso di solventi alternativi quali l'acqua, i liquidi ionici e la CO₂ supercritica, casi come all'organocatalisi). Saranno infine trattati molto più in dettaglio tre tipi di reazioni organiche attualmente considerati particolarmente efficienti, 'green' e sostenibili: le reazioni fotochimiche organiche, le reazioni sonochimiche e le reazioni promosse da microonde.

Obiettivi formativi in Inglese: The main aim of this Course is to introduce students to modern organic synthesis, and in particular to sustainable organic synthesis.

Therefore, after a discussion on the synthetic strategies, the concepts and the scope of the so-called 'green chemistry' will be introduced. It will follow a brief description of the greener synthetic methodology (with detail attention to the use of alternative solvents as water, ionic liquids and supercritical CO₂, as well as to the organocatalysis). At last, three kinds of organic reactions, currently considered particularly green, sustainable and efficient, will be examined: the photochemical organic reactions, the sonochemical organic reactions and the microwave-promoted reactions.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Sintesi e Tecniche Speciali Organiche	3	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Sintesi organiche stereoselettive (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Stereoselective organic syntheses

Obiettivi formativi: Il corso si prefigge l'obiettivo di far conoscere i metodi sintetici più moderni, sia catalitici che stechiometrici, per la sintesi di molecole organiche chirali ad elevato eccesso enantiomerico, molte delle quali aventi importante attività biologica.

Il programma del corso si articola nei seguenti argomenti



Regolamento Chimica

- Riepilogo dei concetti base di stereochimica
- Reazioni di ossidazione enantioselettiva: epossidazione asimmetrica di Sharpless, epossidazione asimmetrica di Jacobsen, epossidazione asimmetrica con catalizzatori metal-free (Julia-Colonna, Shi), diidrossilazione e aminoidrossilazione asimmetrica di Sharpless,
- Formazione enantioselettiva di legami C-C: reazione di ciclopropanazione asimmetrica di olefine, reazione aldolica enantioselettiva, reazione enantioselettiva carbonile-ene
- Idrogenazione asimmetrica di alcheni funzionalizzati, di substrati imminici e carbonilici
- Effetti non-lineari ed autocatalisi.

Il corso si prefigge l'obiettivo di far conoscere i metodi sintetici più moderni, sia catalitici che stechiometrici, per la sintesi di molecole organiche chirali ad elevato eccesso enantiomerico, molte delle quali aventi importante attività biologica.

Obiettivi formativi in Inglese: The course aims to raise awareness of modern synthetic methods, both catalytic and stoichiometric, for the synthesis of chiral organic molecules with high enantiomeric excess, many of them with important biological activity.

The course program is divided into the following topics

- Summary of the basic concepts of stereochemistry
- Enantioselective oxidation reactions: allyl alcohols asymmetric epoxidation (Sharpless), asymmetric olefin epoxidation (Jacobsen), asymmetric epoxidation with metal-free catalysts (Julia-Colonna, Shi), asymmetric olefin dihydroxylation and aminohydroxylation (Sharpless)
- Enantioselective formation of C-C bonds: asymmetric cyclopropanation of olefins, enantioselective aldol reaction, enantioselective carbonyl-ene reaction
- Asymmetric hydrogenation of functionalized alkenes and imino and carbonyl substrates
- Non-linear effects and autocatalysis.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Sintesi organiche stereoselettive	3	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Sostanze Organiche di Interesse Agrochimico (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Organic Agrochemicals

Obiettivi formativi: L'intento principale del Corso, è quello di delucidare l'importanza e le implicazioni della Chimica Organica nell'agricoltura nonché di introdurre gli studenti nel mondo dei composti organici usati in agricoltura e delle problematiche (ad esempio, sintetiche, industriali, ambientali, tossicologiche, economiche, etiche) connesse con lo studio, la progettazione, la preparazione e l'uso di tali composti. E' da rilevare che molte di queste problematiche sono presenti anche in altri settori connessi con la Chimica Organica Applicata/Industriale (e.g., quelli farmaceutici, biologici, cosmetici).

A questo scopo, saranno presentate l'origine, l'evoluzione e le prospettive dei principali tipi di pesticidi (fungicidi, insetticidi ed erbicidi, oggi essenzialmente composti organici). Saranno esaminate le strutture, le proprietà e le caratteristiche delle più importanti classi di questi pesticidi e saranno discusse le principali questioni che riguardano la loro preparazione ed il loro uso, nonché i loro possibili sviluppi futuri. Uno specifico capitolo sarà infine dedicato ai feromoni degli insetti (utilizzabili come 'green agrochemicals'), al loro ruolo e funzionamento in natura e alle loro possibilità di impiego nella lotta contro gli insetti stessi.

Obiettivi formativi in Inglese: The main aim of the Course is to explain the importance and the implications of Organic Chemistry in the agriculture, as well as to introduce students to the world of Organic Agrochemicals and of problems (for example, synthetic, industrial, environmental, toxicological, economic, ethical) connected with their study, planning, preparation and use. It is worth of nothing that many of these problems are present also in other areas of Applied/Industrial Organic Chemistry (e.g., pharmaceutical, biological, cosmetic).

For this purpose, the origin, the evolution and the perspective of the major types of pesticides (insecticides, fungicides and herbicides – almost all pesticides used today are organic compounds) will be presented and the main questions concerning their preparation and use will be discussed, as well as their possible future developments. A separate chapter will be devoted to insect pheromones (a class of compounds used as 'green' agrochemicals), to their natural role and to their use in pest control.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Sostanze Organiche di Interesse Agrochimico	3	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Sostanze Organiche Naturali di Interesse Biologico e Applicativo (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Organic Natural Substances of Biological and Applicative Interest

Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire una moderna introduzione su importanti classi di prodotti naturali biologicamente attivi e utili da un punto di vista medico o agronomico. Suo obiettivo sarà anche quello di fornire allo studente strumenti di interpretazione e comprensione, da un punto di vista chimico, di alcuni importanti aspetti del metabolismo secondario, essenziali per la vita. Più in particolare, durante il Corso, dopo un'introduzione sui mattoni biosintetici ed i meccanismi delle reazioni coinvolte nei processi biosintetici, verranno esaminate in dettaglio alcune delle principali vie



biogenetiche, quali la via dell'acetato, la via del mevalonato e la via dello scikimato. Le notizie su tali vie verranno integrate da informazioni sui metaboliti di maggior interesse biologico e applicativo, sulla loro bioattività, sulle loro fonti naturali e sui loro possibili impieghi. Particolare riferimento verrà fatto a sostanze naturali ed a loro analoghi strutturali sia di impiego terapeutico o diagnostico che di rilevante interesse agrochimico.

Obiettivi formativi in Inglese: This course aims to provide a modern introduction to important classes of biologically active and medicinally or agronomically useful natural compounds. Its objective is also to give students instruments for the understanding and the interpretation, from a chemical point of view, of some important aspects of the secondary metabolism, essential for the life. In particular, after an introduction to biosynthetic building blocks and construction mechanisms, some important biogenetic pathways will be examined in detail: the acetate pathway, the scikimate pathway and the mevalonate pathway. Moreover, information will be supplied on the bioactivity, the natural sources and the possible uses of the metabolites of greater biological and applicative interest. Emphasis will be given to natural substances, or their analogues, medicinally or agronomically important.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Sostanze Organiche Naturali di Interesse Biologico e Applicativo	6	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Affini o integrative	lezioni frontali

Spettroscopia NMR allo stato solido (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Solid State NMR spectroscopy

Obiettivi formativi: Principi dell'NMR allo stato solido: dalle interazioni nucleari alle tecniche per la bassa e l'alta risoluzione. Magic Angle Spinning (MAS), tecniche di disaccoppiamento etero- e omo- nucleare, Cross-Polarization (CP). Tempi di rilassamento nucleari allo stato solido. Spin diffusion. Tecniche 1D e 2D, selettive e di spectral editing, esperimenti per la misura dei diversi tipi di anisotropie delle interazioni, dei vari tempi di rilassamento e della spin diffusion, e loro applicazione a vari tipi di materiali e sistemi (farmaci, materiali polimerici sintetici o di natura biologica, materiali di natura inorganica, sistemi ibridi organici-inorganici, cristalli liquidi) per la determinazione di proprietà strutturali e dinamiche.

Obiettivi formativi in Inglese: Principles of Solid state NMR: from nuclear interactions to high- and low-resolution techniques. Magic Angle Spinning (MAS), homo- and hetero-nuclear decoupling techniques, Cross-Polarization (CP). Nuclear relaxation times in the solid state. Spin diffusion. 1D and 2D, selective and spectral editing techniques, experiments for measuring the different types of anisotropic interactions, the different relaxation times and spin diffusion, and their application to a variety of materials and systems (drugs, synthetic or bio polymers, inorganic materials, organic-inorganic hybrid systems, liquid crystals) for the determination of structural and dynamic properties.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Spettroscopia NMR allo stato solido	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Spettroscopia NMR in biomedicina e nel settore agroalimentare (3 CFU)

Denominazione in Inglese: NMR spectroscopy in biomedicine and food chemistry

Obiettivi formativi: Fornire allo studente le basi per la comprensione delle principali applicazioni della tecnica NMR nel settore biomedico e agroalimentare.

Obiettivi formativi in Inglese: Make the student able to understand main applications of NMR spectroscopy in biomedicine and food chemistry.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Spettroscopia NMR in biomedicina e nel settore agroalimentare	3	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali



Stereochimica (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Stereochemistry

Obiettivi formativi: Individuazione critica dei parametri che caratterizzano stereochimica in soluzione (struttura, conformazione e configurazione relativa/assoluta) di molecole organiche e di loro complessi con metalli e con biomolecole. Acquisizione dei principi delle principali tecniche sperimentali per l'indagine stereochimica.

Stereochimica classica dei composti organici aciclici e ciclici. Considerazioni termodinamiche e cinetiche Entalpie conformazionali.

Dicroismo circolare elettronico (ECD): Definizioni e principi di funzionamento. Principali approcci interpretativi: metodi empirici, semiempirici, non empirici. Metodo degli oscillatori accoppiati: descrizione e caratterizzazione delle transizioni elettroniche nei principali cromofori organici. Determinazione dei momenti di dipolo di transizione in sistemi non precedentemente descritti. Valutazione quali/quantitativa degli spettri ECD. Stereochimica dell'interazioni tra molecole organiche e proteine. Cenni sul CD vibrazionale (VCD).

Metodi cromatografici per l'analisi di miscele stereoisomeriche.

Cromatografia diastereoselettiva ed enantioselettiva. Isomerizzazione in colonna e analisi dei profili dinamici. Uso di tecniche accoppiate (per esempio HPLC-CD).

Metodi di risoluzione di miscele di enantiomeri: cristallizzazione e risoluzioni cinetiche.

Richiamo dei principali metodi NMR per lo studio conformazionale (NOE e costanti di accoppiamento). Metodi basati sull'anisotropia magnetica: correnti d'anello. NMR paramagnetica: spostamenti di contatto, pseudocontatto e velocità di rilassamento. Uso di sonde paramagnetiche per la caratterizzazione dei residui esposti in sistemi macromolecolari. Altri usi strutturali delle sonde paramagnetiche e dei reagenti di shift. Uso combinato di dati sperimentali per l'ottimizzazione strutturale in alcuni pacchetti software commerciali.

Obiettivi formativi in Inglese: Recognize the parameters characterizing solution stereochemistry of organic compounds and of their complexes with metals and biomolecules. Discuss principles and applications of the main experimental techniques for conformational and configurational analysis.

Classical organic stereochemistry: cyclic and acyclic compounds. Entalpy and Entropy and their effects in dynamic processes and equilibrium distributions. Conformational enthalpies.

Electronic Circular Dichroism: principles and applications. Organic chromophores, comparison between spectra; exciton coupling. Elements of computational methods. Configuration and conformation assignments.

Vibrational Circular Dichroism (VCD). Principles and selected application examples.

Chromatographic techniques for separating and quantifying stereoisomers.

Diastereoselective and enantioselective methods. Hyphenated techniques (HPLC-CD)-

Enantiomer resolutions through crystallization and kinetic resolution.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Stereochimica	6	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Caratterizzanti	lezioni frontali

Stereochimica dei Biopolimeri (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Stereochemistry of Biopolymers

Obiettivi formativi: Acquisire le conoscenze sui più importanti metodi di indagine strutturale di biopolimeri (polipeptidi, acidi nucleici, polisaccaridi), in soluzione ed allo stato solido, e dei loro complessi con molecole organiche.

Metodi spettroscopici e computazionali per l'indagine stereochimica di biopolimeri

1) Cristallografia a raggi-X

2) NMR

a. Correlazioni 2D omo/eteronucleari

b. Indice di chemical shift, effetti NOE, accoppiamenti J

c. Accoppiamenti dipolari residui

d. NOE trasferito e trasferimento di saturazione

3) Dicroismo circolare

a. Metodi empirici (per l'analisi della struttura secondaria)

b. Accoppiamento eccitonico e metodi non empirici

c. CD indotto

d. CD vibrazionale (VCD)

e. Dicroismo lineare (LD)

4) Meccanica molecolare (MM) vincolata, Dinamica molecolare (MD)

Applicazioni

1) Peptidi e proteine

a. Fattori determinanti e analisi della struttura secondaria e terziaria

b. Rilevazione dei processi di folding-unfolding

c. Rilevazione e quantificazione delle interazioni con leganti organici (es. farmaci e cofattori)

2) Acidi nucleici

a. Fattori determinanti e analisi della struttura secondaria

b. Rilevazione e quantificazione delle interazioni con intercalanti o altro

Obiettivi formativi in Inglese: Learn and discuss some of the most relevant methods for the structural analysis of the main biopolymers (polypeptides, polynucleotides polysaccharides), both in solution and in the solid state, and of their complexes with organic and inorganic systems.

Spectroscopic tools for the stereochemistry of biopolymers.

1) X-ray crystallography

2) NMR

a. 2D homo/heteronuclear correlations

b. chemical shift index, NOE, J-couplings



Regolamento Chimica

- c. residual dipole couplings
- d. Transferred NOE and Saturation Transfer
- 3) Electronic and Vibrational Circular Dichroism (ECD, VCD)
 - a. Secondary structure analysis through empirical methods
 - b. Exciton coupling and non-empirical methods
 - c. Induced CD
 - d. Linear Dichroism (LD)
- 4) Constrained Molecular Mechanics (MM)
 - Applications
 - 3) Peptides and proteins
 - a. Analysis of secondary and tertiary structure elements
 - b. Folding and unfolding processes
 - c. Interactions involving organic molecules (drugs, cofactors) and inorganic species (metal ions and complexes)
 - 4) Nucleic acids
 - a. Analysis of secondary structure elements
 - b. Interactions involving organic molecules (drugs, cofactors) and inorganic species (metal ions and complexes). Groove binding and intercalation

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Stereochimica dei biopolimeri	3	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Strutturistica Chimica (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Molecular structure and symmetry

Obiettivi formativi: Obiettivi formativi:

saper applicare la teoria dei gruppi alla simmetria molecolare.

Contenuti:

Simmetria molecolare. Teoria dei gruppi: definizioni e concetti matematici. Teoria dei gruppi e struttura molecolare. Operatori e gruppi d'invarianza. Gruppi puntuali. Teoria delle rappresentazioni.

Applicazioni: costruzione di funzioni adattate alla simmetria (SALC), transizioni elettroniche e regole di selezione, simmetria e stati vibrazionali, regole di selezione nella spettroscopia IR e Raman.

Obiettivi formativi in Inglese: The course involves the study of molecular symmetry and group theory with applications to chemistry. The theory of representations of point groups is developed and used to study molecular structure and to explain the electronic and vibrational spectra of simple molecules.

Projection operators are explicitly presented and used in applications for the construction of symmetry adapted linear combinations (SALC) of atomic orbitals.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Strutturistica Chimica	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali

Tecniche Strumentali Avanzate in Chimica Organica e Biorganica (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Advanced Instrumental Techniques in Organic and Biorganic Chemistry

Obiettivi formativi: Fornire le conoscenze necessarie per effettuare in modo autonomo la completa caratterizzazione spettroscopica tramite tecniche NMR mono e bidimensionali di molecole di struttura complessa, di determinare i parametri stereochimici, dinamici e termodinamici di complessi o addotti supramolecolari che coinvolgono anche sistemi biomacromolecolari, di determinare la purezza enantiomerica e la configurazione assoluta di molecole chirali.

Obiettivi formativi in Inglese: Make the student able to perform the complete spectroscopic characterization by mono and bidimensional techniques of molecules with complex structures, to determine stereochemical, dynamics and thermodynamics parameters of supramolecular complexes or adducts also involving biomacromolecules, to determine the enantiomeric purity and absolute configuration of chiral compounds.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
	3	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali



Regolamento Chimica

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Tecniche Strumentali Avanzate in Chimica Organica e Biorganica				

Termodinamica delle soluzioni, delle soluzioni organizzate e dei sistemi colloidali (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Thermodynamics of solutions, organized solutions and colloids

Obiettivi formativi: Lo studente dovrà conseguire le necessarie competenze metodologiche per un corretto trattamento, da un punto di vista termodinamico, delle soluzioni reali e dei processi che avvengono in soluzione, con specifici riferimenti a sistemi che prevedono organizzazione locale.

Contenuti:

Termodinamica delle soluzioni e dei processi in soluzione: aspetti sperimentali e relative modellistiche.

Soluzioni di anfifili. Soluzioni organizzate. Micelle. Chimica fisica dei sistemi dispersi e delle interfasi. Sistemi colloidali.

Emulsioni e microemulsioni.

Obiettivi formativi in Inglese: Aim of the course is to provide students with methodological tools necessary to treat the thermodynamics of real solutions and of processes occurring in solution, with particular regards to systems undergoing local organization.

Thermodynamics of solutions and of processes occurring in solution: experimental aspects and related models. Solutions containing amphiphiles. Organized solutions. Micelles. Physical Chemistry of dispersed systems and interphases. Colloids. Emulsions and microemulsions.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: No

Modalità di verifica finale: Esame orale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Termodinamica delle soluzioni, delle soluzioni organizzate e dei sistemi colloidali	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Termodinamica Statistica (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Statistical thermodynamics

Obiettivi formativi: Insiemi statistici. Equivalenza nel limite termodinamico e fluttuazioni.

Sistemi ideali (gas mono, bi- e poliatomico, reticolo ideale).

Statistiche di Fermi e Bose. Sistemi (poco) fuori equilibrio. Risposta

lineare. Fluttuazione-dissipazione

Obiettivi formativi in Inglese: Ensembles. Fluctuations and equivalence of ensembles in the thermodynamic limit. Ideal systems (mono, bi and polyatomic gases, ideal lattice). Quantum statistics. BE and FD statistics. Non equilibrium systems. Linear response theory. Fluctuation-dissipation theorem.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Nessun obbligo di frequenza

Modalità di verifica finale: Esame

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Termodinamica Statistica	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Caratterizzanti	lezioni frontali

Tesi e prova finale (42 CFU)

Denominazione in Inglese: Thesis

CFU: 42

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Esame di laurea magistrale

Lingua ufficiale: Italiano

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Tesi e prova finale	39	NN No settore	Altre attività - prova finale	tirocinio
Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	3	NN No settore	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	altro