



## Corso di studi: Chimica Industriale (Laurea magistrale)

**Denominazione:** Chimica Industriale

**Dipartimento :** CHIMICA E CHIMICA INDUSTRIALE

**Classe di appartenenza:** LM-71 SCIENZE E TECNOLOGIE DELLA CHIMICA INDUSTRIALE

**Interateneo:** No

**Interdipartimentale:** No

**Obiettivi formativi:** Obiettivi formativi: Il corso vuol fornire allo studente una formazione avanzata nelle discipline della chimica industriale, approfondendo le connessioni prodotto-processo e materiale-prestazione, necessarie nel mondo della ricerca e sviluppo e della produzione industriale innovativa.

Il Laureato Magistrale avrà un'ottima preparazione in chimica e tecnologia dei processi industriali e sulla produzione di composti e materiali, con attenzione all'utilizzo delle fonti rinnovabili nel rispetto ambientale. Saprà affrontare problemi di progettazione, sperimentazione, passaggio di scala e realizzazione di processi industriali, nonché la gestione di impianti e il controllo e assicurazione qualità dei prodotti. Avrà conoscenze delle nanotecnologie e delle biotecnologie industriali, con forte integrazione tra cultura scientifica e tecnologica. Tale formazione offre una robusta impronta metodologica nell'analisi e soluzione di problematiche di processo sia in ambito chimico che in molti altri ambiti scientifico/tecnologico, nel settore ambientale e dello sviluppo sostenibile. Il laureato acquisirà una significativa flessibilità concettuale e operativa, necessaria in un settore occupazionale in rapida evoluzione. Avrà competenze multidisciplinari e saprà operare con ampia autonomia, con responsabilità di coordinamento e dirigenza di strutture e processi di produzione. Saprà affrontare con la necessaria formazione sia la prosecuzione degli studi in un Dottorato di Ricerca, sia l'ingresso nel mondo del lavoro nei vari comparti chimici industriali a livelli elevati. Saprà svolgere attività professionale in diverse tipologie di consulenza sulle problematiche di processo, anche in ambiti contigui (comparto ambientale, ottimizzazione dei processi, gestione dei rifiuti...).

### ATTIVITÀ FORMATIVE

Gli obiettivi formativi del Corso di Laurea Magistrale saranno raggiunti offrendo agli studenti un ampio spettro di attività curriculari specialistiche, oltre ad attività caratterizzanti di approfondimento e completamento delle discipline chimiche. Le lezioni frontali saranno integrate con esercitazioni in aula e in laboratorio, anche dedicate all'apprendimento di metodologie sperimentali e di simulazione e modellizzazione per applicazioni industriali. Sono possibili esperienze formative esterne, quali tirocini presso aziende e strutture pubbliche oltre a soggiorni di studio presso Università straniere, nel quadro degli accordi internazionali. L'alto numero di crediti attribuito alla tesi di laurea consente lo svolgimento, nell'Università o nell'Industria, di un lavoro di ricerca sperimentale originale e innovativo.

### ORGANIZZAZIONE DIDATTICA

Il corso si articola in due percorsi formativi: il percorso 'Industriale' fornisce una formazione prevalente nell'ambito dei prodotti, dei processi e degli impianti chimici, mentre quello 'Materiali' è dedicato alla formazione nel settore dei materiali, delle tecnologie chimiche e delle loro applicazioni.

### SBOCCHI OCCUPAZIONALI E PROFESSIONALI

Il laureato avrà le competenze necessarie per l'ingresso come chimico

- nell'industria chimica, farmaceutica e nelle imprese clienti dell'industria chimica per la progettazione e ottimizzazione di processi, in ricerca e sviluppo, produzione, assistenza tecnica, ambiente e qualità, ottimizzazione delle formulazioni, analisi brevettuale. Seguirà attività di ricerca e sviluppo di nuovi prodotti, processi e materiali, con mansioni di coordinamento nel progetto, gestione, conduzione e controllo di impianti chimici in regime di sicurezza e sostenibilità ambientale.
- nei servizi: laboratori di analisi anche come responsabile, nella caratterizzazione di materiali, nel controllo ambientale e degli impianti.
- in enti pubblici e privati, nella salvaguardia della salute, dell'ambiente e dei beni culturali.

Il corso consente di accedere all'Esame di Stato per conseguire l'abilitazione all'esercizio della professione di

**Numero stimato immatricolati:** 20

**Requisiti di ammissione e modalità di verifica:** Il Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale della Classe LM-71 di Scienze e Tecnologie della Chimica Industriale prosegue e approfondisce la formazione fornita nelle Lauree triennali della Classe L-27 e della Classe 21 (ex Ordinamento DM 509), con particolare riguardo agli ambiti delle discipline chimiche industriali, macromolecolari, tecniche e biotecnologiche. E' richiesta infine la conoscenza di una lingua dell'Unione Europea oltre all'italiano anche con riferimento ai lessici disciplinari a un livello pari almeno al livello B2. Possono accedere alla verifica della personale preparazione che abbiano acquisito nei Corsi di Studio precedenti almeno 60 crediti formativi complessivi nei settori scientifico-disciplinari CHIM/01-CHIM/12, FIS/01-FIS/08, MAT/01-MAT/09, ING-IND/21-ING-IND/27, di cui almeno 30 nei settori scientifico-disciplinari CHIM/01-CHIM/07. 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 se la preparazione personale necessaria sia adeguata per poter seguire proficuamente il Corso di Laurea Magistrale, incluso il livello di conoscenza della lingua inglese. 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.

**Specifiche CFU:** Le attività formative sono costituite da corsi di lezioni teoriche, corsi di esercitazioni in aula e corsi di laboratorio. 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 esercitazioni in aula ogni CFU corrisponde a 10 ore di lezione e 15 ore di studio individuale. Per le esercitazioni in laboratorio con lezioni di introduzione alle esercitazioni ogni CFU corrisponde a 14-15 ore di lezione (ripartite fra didattica frontale ed esercitazioni in laboratorio) e 11-10 ore di studio individuale.

**Modalità determinande voto di Laurea:** La prova finale consiste in un esame orale di fronte alla Commissione di Laurea Magistrale in cui lo studente espone e discute l'argomento della tesi elaborata e scritta sotto la guida di un relatore a seguito dell'attività svolta su un progetto di ricerca originale in un laboratorio di ricerca universitario o di aziende e strutture pubbliche o private.

Il voto di Laurea Magistrale esprime una valutazione globale del curriculum complessivo degli studi del biennio dello studente e della preparazione e maturità scientifica da lui raggiunta al termine del corso di studi e del lavoro di tesi. Il voto è riportato in centodecimali, con eventuale lode. Nel caso che il candidato raggiunga una valutazione finale di 110/110, è facoltà del relatore interno proporre l'assegnazione della lode, la cui attribuzione deve essere decisa all'unanimità dalla Commissione 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 centodecimali 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:** Attività di ricerca rilevante: I docenti del Corso afferiscono, quasi totalmente, al Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale. Si descrivono succintamente le principali aree di ricerca coltivate.

Settori CHIM/04, CHIM/05 e ING-IND/26:

Chimica e scienza e dei materiali polimerici e nanocompositi, sia strutturali che funzionali, per applicazioni avanzate e per l'ambiente, polimeri con proprietà ottiche e elettroniche per l'energia e la sensoristica. Sviluppo di biotecnologie e processi ecocompatibili per materiali biodegradabili. Catalisi industriale con catalizzatori a base di metalli di transizione per processi e



prodotti della chimica organica fine. Chimica sostenibile da fonti rinnovabili. Riciclo e riuso delle materie plastiche. Impianti e sviluppo e controllo di processi industriali chimici.

### Settore CHIM/01:

Strumentazione e metodologie innovative per la separazione e caratterizzazione di miscele d'interesse clinico, agroalimentare e biotecnologico. Tecniche cromatografiche e elettroforetiche in virologia clinica. Caratterizzazione dei materiali originali e studio dei relativi processi di degradazione in manufatti di interesse storico-artistico. Studio dei processi di diffusione di microinquinanti. Membrane permeoselettive per misure di attività di ioni complessi. Aspetti cinetici e termodinamici delle reazioni degli acidi nucleici con metalli e intercalatori. Estrazione di metalli con metodi basati sulla catalisi micellare.

### Settore CHIM/02:

Termodinamica di miscele liquide: misura sperimentali e sviluppo di relazioni previsionali. Studio della micellizzazione in soluzione acquosa. Sistemi artificiali per il trasporto d'ossigeno. Fotoreazioni organiche e in mezzi chirali. Spettroscopie d'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 composti inorganici e metallorganici, con particolare riferimento ai composti di coordinazione degli elementi all'inizio e alla fine della serie d. Struttura e reattività di leganti metallo-coordinati e catalisi, con riguardo alla determinazione dei principi fondamentali della reattività di leganti coordinati a metalli di transizione. Materiali nanostrutturati, con particolare riguardo alla preparazione di polimeri o di oligomeri contenenti cluster di metalli di transizione.

### Settore CHIM/06:

Sintesi stereoselettiva per la preparazione di sostanze chirali, con applicazioni in campo biomedico/farmaceutico e agroalimentare. Enzimi come biocatalizzatori in trasformazioni chimiche di composti organici. Nuovi catalizzatori e metodi di eterogeneizzazione per il loro recupero e riutilizzo. Stereochimica e determinazione quali-quantitativa di composti organici, organometallici e bioorganici con tecniche spettroscopiche. Impiego di vapori metallici e attivazione dei metalli per la catalisi. Composti naturali e loro analoghi di interesse farmacologico e con attività antitumorale.

**Rapporto con il mondo del lavoro:** Importanti studi e rilevazioni di istituti accreditati (ISTAT, Federchimica, Unioncamere-Ministero del lavoro) sottolineano l'interesse del settore produttivo e le buone prospettive professionali offerte dal settore chimico industriale, in particolare la richiesta di laureati specialistici (magistrali) per l'industria chimica, chimico-farmaceutica, alimentare, manifatturiera, dei trattamenti superficiali innovativi, dei coloranti, degli adesivi, delle biotecnologie, della depurazione, dei materiali avanzati con specifico riferimento ad una chimica per uno sviluppo sostenibile e compatibile con l'ambiente. Sul territorio e in ambito regionale di speciale rilievo sono i settori produttivi e manifatturieri dell'industria conciaria, cartaria e tessile.

I laureati del settore chimico industriale sono anche richiesti dalla pubblica amministrazione (Aziende Sanitarie Locali, Agenzie Regionali e Nazionali coordinate dai singoli Ministeri).

Il laureato Magistrale in Chimica Industriale è una figura professionale dotata di una preparazione culturale e tecnica tale da permettere il suo immediato inserimento:

- nelle attività di sintesi di composti chimici,
- nelle attività di separazione, analisi, caratterizzazione e riconoscimento di composti chimici,
- in tutte le attività connesse ai laboratori chimici di ricerca e sviluppo,
- nelle attività di certificazione e controllo,
- nelle attività di monitoraggio dell'ambiente e della salute,
- nei settori dell'energia, inclusa quella da fonti rinnovabili,
- nei settori della conservazione dei beni culturali.

Tra le posizioni occupazionali ed i settori lavorativi cui il Laureato Magistrale può accedere si indicano in particolare: la promozione e lo sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, nonché la gestione e progettazione delle tecnologie; le attività professionali e di progetto in ambiti correlati con le discipline chimiche nel settore industriale, con riferimento agli aspetti impiantistici, economici, aziendali, brevettuali, del controllo di qualità, della sicurezza e dell'igiene industriale, della salvaguardia ambientale.

Un altro sbocco professionale è nella ricerca a livello avanzato, soprattutto nella ricerca tecnologica. Il Laureato Magistrale possiede il rigore metodologico e la competenza tecnologica per svolgere autonomamente attività di ricerca e sviluppo di nuovi prodotti, processi e materiali. E', inoltre, in grado di svolgere mansioni di coordinamento nella gestione, conduzione e controllo di impianti chimici in regime di sicurezza e di igiene del lavoro. Può occuparsi dell'organizzazione e del coordinamento di laboratori di analisi, sintesi, controllo qualità, misure chimico-fisiche, caratterizzazione e prove materiali, anche come professionista autonomo.

Il Laureato Magistrale della Classe, inoltre, trova occupazione oltre che nei settori tradizionali dell'industria chimica di base, fine e secondaria, anche in settori affini riguardanti la tutela della salute, dell'ambiente e dei beni culturali, nel settore alimentare, nell'industria delle formulazioni, nella produzione di energia e in tutti i numerosi settori in cui la chimica svolge un ruolo applicativo fondamentale per lo sviluppo sostenibile e ecocompatibile.

La solida formazione scientifica consente al Laureato Magistrale di continuare nell'iter universitario accedendo ai corsi di Dottorato di Ricerca, ai Master di secondo livello e ad eventuali Scuole di Specializzazione attive nel settore. Può inoltre iscriversi all'albo dei Chimici, Sez. A, previo superamento dell'esame di stato, ed esercitare così la libera professione.

**Informazioni aggiuntive:** Gli obiettivi formativi, con le relative attività formative, del Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale sono stati ben identificati e formulati a seguito delle consultazioni e dei rapporti di cooperazione dei docenti con imprese industriali (Piaggio, Acta/Idealab, Deltatech, Idroplast, Argus Chemicals, ecc.) e consorzi imprenditoriali (es.: P.O.TE.CO., Celsius, Tecnotessile) del territorio pisano e della regione, oltre che a livello nazionale (ENI, Pirelli, Ferrero, Lavazza, Granarolo, Ciba, NPT, KME, ecc.) e internazionale (BASF, Dow, Bayer, Arkema, AKZO-International Paint, Jotun, Ivoclar-Vivadent, EPI, KEMA, Wallenius, Zenon-GE, TEER Coatings, ecc.).



**Curriculum: Materiali****Primo anno (57 CFU)****Chimica Fine per l'Industria (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Chimica Fine per l'Industria	6	CHIM/06	Caratterizzanti	Discipline chimiche

**Chimica Industriale II e Laboratorio (9 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Chimica Industriale II	6	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche
Laboratorio di Chimica Industriale II	3	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

**Materiali Inorganici (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Materiali Inorganici	6	CHIM/03	Caratterizzanti	Discipline chimiche

**Materiali per Usi Speciali (9 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Materiali per Usi Speciali	9	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

**Polimeri di Interesse Industriale e Laboratorio (9 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Laboratorio	3	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche
Polimeri di Interesse Industriale	6	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

**Chimica dei Nanomateriali (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Chimica dei Nanomateriali	6	CHIM/04	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

**Chimica Macromolecolare Industriale (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Chimica Macromolecolare Industriale	6	CHIM/04	Affini o integrative	Attività formative



## Regolamento Chimica Industriale

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
				affini o integrative

### Esame a libera scelta I (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Esame a libera scelta I	6	NN	Altre attività - scelta libera dello studente	A scelta dello studente



## Curriculum: Materiali

### Secondo anno (63 CFU)

#### Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Chimica per lo Sviluppo Sostenibile	9	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

#### Laboratorio di Preparazioni Chimiche Industriali (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Laboratorio di Preparazioni Chimiche Industriali	9	CHIM/04	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

#### Esame a libera scelta II (3 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Esame a libera scelta II	3	NN	Altre attività - scelta libera dello studente	A scelta dello studente

#### Tesi e Prova finale (42 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Tesi e Prova Finale	39	PROFIN_S	Altre attività - prova finale	Per la prova finale
Altre conoscenze	3	PROFIN_S	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	A scelta dello studente

**Curriculum: Industriale****Primo anno (57 CFU)****Chimica Fine per l'Industria (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Chimica Fine per l'Industria	6	CHIM/06	Caratterizzanti	Discipline chimiche

**Chimica Industriale II e Laboratorio (9 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Chimica Industriale II	6	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche
Laboratorio di Chimica Industriale II	3	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

**Materiali Inorganici (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Materiali Inorganici	6	CHIM/03	Caratterizzanti	Discipline chimiche

**Polimeri di Interesse Industriale e Laboratorio (9 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Laboratorio	3	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche
Polimeri di Interesse Industriale	6	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

**Processi e Impianti Industriali Chimici II (9 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Processi e Impianti Industriali Chimici II	9	ING-IND/26	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

**Biotecnologie Industriali (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Biotecnologie Industriali	6	CHIM/04	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

**Chimica Macromolecolare Industriale (6 CFU)**

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Chimica Macromolecolare Industriale	6	CHIM/04	Affini o integrative	Attività formative



## Regolamento Chimica Industriale

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
				affini o integrative

### Esame a libera scelta I (6 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Esame a libera scelta I	6	NN	Altre attività - scelta libera dello studente	A scelta dello studente





## Curriculum: Industriale

### Secondo anno (63 CFU)

#### Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Chimica per lo Sviluppo Sostenibile	9	CHIM/04	Caratterizzanti	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

#### Laboratorio di Preparazioni Chimiche Industriali (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Laboratorio di Preparazioni Chimiche Industriali	9	CHIM/04	Affini o integrative	Attività formative affini o integrative

#### Esame a libera scelta II (3 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Esame a libera scelta II	3	NN	Altre attività - scelta libera dello studente	A scelta dello studente

#### Tesi e Prova finale (42 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia	Ambito
Tesi e Prova Finale	39	PROFIN_S	Altre attività - prova finale	Per la prova finale
Altre conoscenze	3	PROFIN_S	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	A scelta dello studente



## Gruppi per attività a scelta nel CDS Chimica Industriale

## Gruppo Attività consigliate per la libera scelta: gruppo 1 (6 CFU)

**Descrizione:** A scelta dello studente 1. I Corsi del Gruppo intendono dare una formazione complementare a quella fondamentale prevista nel piano di studio in ambiti disciplinari a scelta dello studente. Può essere scelta liberamente qualunque attività formativa tra quelle offerte dall'Ateneo, purché compatibile con le finalità del percorso formativo dello studente.

**Note:**

A questo elenco di insegnamenti a scelta dello studente va aggiunto quello dei corsi offerti dal Corso di Laurea Magistrale in Chimica nell'analogo gruppo di corsi a scelta per il primo anno.

## Attività contenute nel gruppo

## Biochimica Industriale (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Biochimica Industriale	6	BIO/10 BIOCHIMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

## Biomateriali e Biochip in Biologia (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Biomateriali e Biochip in Biologia	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

## Catalisi e sistemi inorganici nanostrutturati (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Sistemi inorganici nanostrutturati	3	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente
Catalisi	3	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

## Chimica Analitica dei Beni Culturali (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Analitica dei Beni Culturali	3	CHIM/12 CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

## Chimica Analitica Industriale A (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Analitica Industriale A	3	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

## Chimica Analitica Spettroscopica II (3 CFU)

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

## Chimica delle Nanotecnologie (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica delle Nanotecnologie	3	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

## Chimica Fisica dello Stato Solido e dei Materiali (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	



## Regolamento Chimica Industriale

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Fisica dello Stato Solido e dei Materiali					A scelta dello studente

### Chimica Industriale Inorganica e Metallurgia (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Industriale Inorganica e Metallurgia	3	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Chimica Organometallica degli elementi di transizione (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Organometallica degli elementi di transizione	6	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Complementi di Cristallografia (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Complementi di Cristallografia	3	GEO/06 MINERALOGIA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Cristallografia (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Cristallografia	6	GEO/06 MINERALOGIA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Enzimologia (6 CFU)

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

### Polimeri per Usi Speciali I (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Polimeri per Usi Speciali I	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Polimeri per Usi Speciali II (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Polimeri per Usi Speciali II	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Scelta dello Studente 1 (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Scelta dello Studente 1	6	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

### Sostanze Organiche di Interesse Agrochimico (3 CFU)

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



**Spettroscopia NMR allo Stato Solido I (3 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Spettroscopia NMR allo Stato Solido I	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

**Spettroscopia NMR allo Stato Solido II (3 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Spettroscopia NMR allo Stato Solido II	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

**Sviluppo di Processi Industriali Chimici I (3 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Sviluppo di Processi Industriali Chimici	3	ING-IND/26 TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

**Tecnologia dei Materiali Polimerici II (3 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Tecnologia dei Materiali Polimerici	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

**Gruppo Attività consigliate per la libera scelta: gruppo 2 (3 CFU)**

**Descrizione:** A scelta dello studente 2. I Corsi del Gruppo intendono dare una formazione complementare a quella fondamentale prevista nel piano di studio in ambiti disciplinari a scelta dello studente. Può essere scelta liberamente qualunque attività formativa tra quelle offerte dall'Ateneo, purché compatibile con le finalità del percorso formativo dello studente.

**Note:**

A questo elenco di insegnamenti a scelta dello studente va aggiunto quello dei corsi offerti dal Corso di Laurea Magistrale in Chimica nell'analogo gruppo di corsi a scelta per il secondo anno.

**Attività contenute nel gruppo**

**Biotrasformazioni in Chimica Organica (3 CFU)**

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

**Chimica Analitica Ambientale (3 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Analitica Ambientale	3	CHIM/01 CHIMICA ANALITICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

**Chimica dei Composti di Coordinazione II (3 CFU)**

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

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

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



## Regolamento Chimica Industriale

### Chimica Organica Sostenibile (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Organica Sostenibile	3	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Materiali Compositi (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Materiali Compositi	3	ING-IND/22 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Polimeri per la Bioindustria (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Polimeri per la Bioindustria	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Polimeri per Usi Biomedici e Farmaceutici (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Polimeri per Usi Biomedici e Farmaceutici	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Scelta dello Studente 2 (3 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Scelta dello Studente 2	3	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente



## Attività formative definite nel CDS Chimica Industriale

### Biochimica Industriale (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Industrial Biochemistry

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di introdurre lo studente nel campo delle applicazioni a livello industriale di attuali conoscenze biochimiche. Argomenti di studio: strategie di alterazione dei meccanismi di controllo metabolico per la produzione di metaboliti primari e secondari; bioconversioni; utilizzo di biocatalizzatori nell'industria chimica e farmaceutica; immobilizzazione degli enzimi; utilizzazione di enzimi nella industria bioanalitica; sensori enzimatici; modificazione delle caratteristiche strutturali e funzionali di proteine mediante mutagenesi sito-specifica; progettazione di farmaci sulla base dei dati strutturali del bersaglio biologico; fondamenti biochimici del "drug delivery".

**Obiettivi formativi in Inglese:** Aim of the course is to introduce students to relevant biochemical applications in the industrial field. Topics: strategies for alteration of the metabolic control in the synthesis of primary and secondary metabolites; bioconversions; applications of biocatalysis in chemical and pharmaceutical industry; immobilized enzymes; enzymes in bio-analytical industry; enzymatic sensors; structural and functional modifications of proteins through site-directed mutagenesis; drug design based on the structural data of the biological target; biochemical basis of "drug delivery".

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Biochimica Industriale	6	BIO/10 BIOCHIMICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Biomateriali e Biochip in Biologia (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Biomaterials and Biochips in Biology

**Obiettivi formativi:** Scopo del corso è fornire conoscenze sulle interazioni di materiali polimerici con sistemi biologici e sul loro uso in farmacologia, medicina e nel campo dei biosensori. In primo luogo saranno trattati la biodegradazione, la biocompatibilità, biofunzionalità e risposta immunologica ai biomateriali, saggi in vivo per la determinazione della biocompatibilità e biofunzionalità e correlazione con i test in vitro ed interazioni tra biomateriali e cellule. Saranno anche illustrati metodi per la determinazione delle citochine. Successivamente saranno trattati farmaci polimerici, farmaci polimerizzati, trasportatori di farmaci e loro applicazioni in campo biomedico e farmaceutico, ingegneria tissutale, biosensori, biochips, Lab-On-a-Chip e Micro Total Analysis Systems.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Purpose of the course is to provide knowledge on the interactions of polymeric materials with biological systems and on their use in pharmacology, medicine and in the field of the biosensors. The biodegradation, the biocompatibility, the biofunctionality and the immunological response to biomaterials will be treated in a first part of the course together with "in vivo" tests for the determination of the biocompatibility and biofunctionality and their correlation with in vitro tests. Interaction between biomaterials and cells and methods for cytokine assessment will also be described. A second part of the course will focus on polymeric and polymerized drugs, drug transporters and their applications in biomedical and pharmaceutical field as well on tissue engineering, biosensors, biochips, Lab-On-a-Chip and Micro Total Analysis Systems.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Biomateriali e Biochip in Biologia	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Biotechnologie 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.

**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.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano



## Regolamento Chimica Industriale

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Biotechnologie Industriali	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni	Attività formative affini o integrative

### Biotrasformazioni in Chimica Organica (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Biotransformations in Organic Chemistry

**Obiettivi formativi:** L'obiettivo del corso è quello di illustrare l'uso degli enzimi come catalizzatori in sintesi organica. Dopo una breve introduzione sugli aspetti generali (proprietà, meccanismo, cinetica) saranno presentate le biotrasformazioni catalizzate dalle principali classi di enzimi. Verranno esaminate importanti tecniche sperimentali quali l'immobilizzazione di enzimi e l'uso di enzimi in solvente organico. Saranno inoltre prese in esame alcune applicazioni della biocatalisi per la sintesi su larga scala di intermedi di interesse farmaceutico.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course focuses on the use of enzymes as catalysts in organic synthesis.

Biotransformations catalyzed by the main classes of enzymes are illustrated. A condensed introduction on enzyme properties, mechanistic and kinetic aspects is also provided. The course approaches some issues related to special techniques in the application of biocatalysis such as immobilization and use in of organic solvents. Some selected examples of existing applications on large scale synthesis of drugs are described.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

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

### Catalisi e sistemi inorganici nanostrutturati (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Catalysis and nanostructured inorganic systems

**Obiettivi formativi:** Il Corso di Catalisi e sistemi inorganici nanostrutturati si propone di illustrare i metodi di sintesi e le proprietà dei materiali inorganici nanostrutturati con particolare riferimento alla catalisi. Verranno illustrati i principali metodi di sintesi dei materiali nanostrutturati ed concetti di base relativi alla riduzione della dimensionalità, con speciale attenzione al rapporto superficie/volume, alle proprietà ottiche e magnetiche della materia. Si metteranno poi in relazione questi effetti con le problematiche del mondo della catalisi.

Il Corso illustrerà poi 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 aim of this teaching is to describe synthetic methods and properties of inorganic nanostructured materials with a focus on catalysis. The most important synthetic methods of nanostructured materials will be reviewed together with the basic concepts linked to the reduction of dimensionality, with special attention to surface to volume ratio, optical and magnetic properties. These effects will then be related to catalysis.

The course will then describe the principles for the understanding of heterogeneous and homogeneous catalysis. The main classes of catalysts will be reviewed, showing the properties as a function of the main features of the reactions. The Course highlights a number of industrial processes and shows how one should think about the problems involved, and how they have been answered.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Sistemi inorganici nanostrutturati	3	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente
Catalisi	3	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Chimica Analitica Ambientale (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Environmental Analytical Chemistry

**Obiettivi formativi:** Il principale obiettivo formativo del corso è fornire competenze tecnico-professionali nelle moderne tecnologie di monitoraggio ambientale per la gestione del territorio, quali: tecniche di campionamento, rilevamento e



## Regolamento Chimica Industriale

mitigazione dei rischi ambientali relativamente all'atmosfera, alle acque superficiali, al suolo e agli alimenti (ad es. tecniche di caratterizzazione chimica delle acque, loro composizione e qualità, mobilità e dispersione degli elementi, inquinamento da metalli legati ad attività antropiche e dispersione degli inquinanti nelle acque superficiali e profonde; tecniche di monitoraggio chimico delle acque superficiali e profonde, tecniche di trattamento delle acque ed impiego dei minerali nel recupero delle risorse idriche). In tutti questi settori verranno fornite conoscenze avanzate che consentano di definire correttamente il problema, individuare i parametri da monitorare, progettare la rete di monitoraggio ed impostare eventuali studi per la conoscenza del reale stato ambientale ai fini conservativi, di riabilitazione e di intervento migliorativo. In questo contesto si vuole arrivare a conoscere, nella specificità di ogni comparto ambientale, i punti critici e le principali metodologie per un corretto svolgimento delle attività di campionamento (puntuale o in continuo), stoccaggio e trattamento del campione, fino ad arrivare ad analizzare le principali tecniche analitiche per la determinazione dei contaminanti prioritari. Il programma formativo è ispirato al criterio di fornire una preparazione di base ed una formazione metodologica adeguate ad affrontare il continuo processo di innovazione in campo scientifico e tecnico.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course aims at providing a knowledge of the main pollution monitoring methodologies, in the different environmental media (air, water, soil). In this framework, it is expected to gain the knowledge, in the specificity of each environmental compartment, of the critical steps and the main methodologies for a correct execution of sampling activities (continuous or discrete), storage and sample treatment. The principle analytical techniques for the determination of priority pollutants will also be cited.

Course contents: Definition of environmental monitoring, characteristics and operating phases. Environmental control procedures. Environmental indicators: definition and features. Monitoring strategies for priority pollutants: sampling, pretreatment, analysis techniques and data elaboration. Water, air and soil monitoring. Sampling in continuous and discrete monitoring. Data quality and statistical representativeness of monitoring results; comparison with standard values and quality objectives. Quality indicators for water, air and soil. Waste monitoring and analysis: commodity, material and physico-chemical characteristics. Pollutant monitoring in gas flows. Outline of biomonitoring. Monitoring network: outline of planning and management at a territorial and national level.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

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

## Chimica Analitica dei Beni Culturali (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Analytical Chemistry for Cultural Heritage

**Obiettivi formativi:** Il corso mira a fornire allo studente le conoscenze relative ai metodi indagine per lo studio e la caratterizzazione dei materiali originali, dei prodotti di degrado e dei materiali di restauro nel settore dei beni culturali. Inoltre si intende approfondire la conoscenza di tecniche analitiche spettroscopiche e spettrometriche, focalizzata all'applicazione a sistemi complessi. Introdurre l'uso di tecniche analitiche, prevalentemente spettroscopiche e spettrometriche, da impiegare in maniera non invasiva e non distruttiva su manufatti di interesse storico artistico. Infine, un altro obiettivo è quello di supportare lo sviluppo della capacità dello studente di operare una scelta ragionata della tecnica analitica appropriata in funzione della natura dell'oggetto di indagine, della tipologia di campione e al tipo di informazione richiesta.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course aims at providing the student with knowledge on analytical methodologies to study and characterise organic, degradation and restoration materials in the field of cultural heritage. Moreover it aims at discussing in detail spectroscopic and spectrometric analytical techniques for the characterisation of complex systems. Introduce the use of analytical techniques to be used non invasively and non destructively on works of art, with particular attention to spectrometric and spectroscopic analytical techniques. Finally, another objective is to assist the student to develop the ability of choosing the appropriate analytical technique to be used in dependence on the investigated object, the kind of samples, and the required information.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Analitica dei Beni Culturali	3	CHIM/12 CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

## Chimica Analitica Industriale A (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Industrial Analytical Chemistry

**Obiettivi formativi:** La misura analitica nell'ambito dei processi industriali.

Il campionamento sulla linea di processo.

Apparecchiature di laboratorio e di impianto per la misura dei principali parametri di processo.

Principi di elettronica e applicazioni nella strumentazione analitica di misura e nella trasmissione di segnali.

Applicazione della spettroscopia UV-VIS e infrarossa nell'analisi di processo.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Introduction to instrumental techniques for surface analysis. Instrumental principles of XPS, Auger X-ray spectroscopy and electronic microscopy. Synchrotron light sources. Fundamentals of mass spectrometry techniques: SIMS and GDMS. Applications of the various techniques to the characterization of real samples. Introduction to Process Analytical Chemistry (PAC). Different ways of doing PAC measurements: off-line, at-line, on-line, in-





## Regolamento Chimica Industriale

line, non-invasive methods. Sampling. Different PAC technologies: Electrochemistry, Chemical sensors, Spectroscopy, Chromatography, FIA (Flow injection analysis). Practical aspects of PAC: Planning and working out an analyzer project, Examples from industry.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

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

### Chimica Analitica Industriale B (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Industrial Analytical Chemistry

**Obiettivi formativi:** Introduzione alle tecniche per l'analisi delle superfici. Principi strumentali della spettroscopia XPS, Auger, a raggi X e della microscopia elettronica. Sorgenti di luce di sincrotrone. Principi di funzionamento di uno spettrofotometro di massa: SIMS e GDMS. Applicazioni delle tecniche presentate alla caratterizzazione di campioni reali.

Tecniche di FIA (Flow Injection Analysis).

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

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

### Chimica Analitica Spettroscopica II (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Spectroscopic Analytical Chemistry II

**Obiettivi formativi:** Il Corso svilupperà 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:** The Course aims 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.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza el corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

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

### Chimica dei Composti di Coordinazione II (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Chemistry of Coordination Compounds II

**Obiettivi formativi:** Le reazioni dei composti di coordinazione. Labilità ed inerzia dei complessi.

a) Reazioni di sostituzione. Possibili meccanismi. Substrati a NC=4 in geometria tetraedrica e quadrata planare. Substrati a NC=6 e geometria ottaedrica.

b) Reazioni di trasferimento elettronico: reazioni a sfera interna ed a sfera esterna.

c) Reazioni a stampo. Effetto chelato ed effetto macrociclo. Criptanti e loro utilizzazione.

d) Reazioni di attacco al legante coordinato: esempi di attacco ad ossido di carbonio, ad olefine e a nitrili coordinati.

e) Reazioni di addizione ossidativa e di eliminazione riduttiva.

f) Reazioni di inserzione.

Preparazioni, strutture e reattività di complessi contenenti come leganti: H<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, NO, O<sub>2</sub>.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Reactions of coordination compounds. Stability, inertness and lability.

a) Substitution reactions. Rates and mechanisms. Coordination number 4. Tetrahedral complexes. Square-planar complexes. Coordination number 6. Octahedral complexes.

b) Electron transfer reactions: outer sphere red-ox reactions. Inner sphere red-ox reactions.

c) Template reactions. Chelate effect and macrocyclic effect. Cryptands and their use.

d) Attacks to coordinated ligands: nucleophilic attacks to carbon monoxide, alkenes, nitriles.



## Regolamento Chimica Industriale

- e) Oxidative-addition and reductive elimination reactions.  
f) Insertion reactions.  
Preparation, structure and reactivity of complexes containing the ligands: H<sub>2</sub>, CO, N<sub>2</sub>, NO, O<sub>2</sub>.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

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

### Chimica dei Nanomateriali (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Nanomaterials Chemistry

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di introdurre gli studenti nel campo della chimica dei nanomateriali fornendo le conoscenze di base sui metodi di fabbricazione dei differenti materiali nanostrutturati e sulle loro principali proprietà. Verranno illustrati esempi applicativi con particolare attenzione ai nanocompositi polimerici. Lo studente sarà in grado di definire le correlazioni tra la struttura chimica dei nanomateriali e le proprietà chimico-fisico-meccaniche e le prestazioni pratiche dei polimeri investigati.

In particolare il corso dopo un'introduzione alle nanoscienze e nanotecnologie mediante opportuni esempi, definizioni e percorso storico, sarà dedicato alla descrizione dei materiali nanostrutturati 0D, 1D, 2D e 3D focalizzando l'attenzione sui principali metodi di preparazione, sulle loro proprietà e utilizzo come materiali nanocompositi. Verranno infine descritti i principali metodi di caratterizzazione spettroscopica e microscopica dei materiali nanostrutturati.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course aims at providing the student with knowledge on the chemistry of nanomaterials, their principal methods of preparation and peculiar properties. Case studies and application of polymer nanocomposites are presented and deeply described. The student will be able to critically describe the relationship between the chemical structure of the nanomaterials and their main physico-chemical and mechanical final properties.

In detail, at the beginning, the course will provide the basic definition of nanoscience and nanotechnology. Then, it will focus on the preparation, characterization and main properties of the different 0D, 1D, 2D and 3D nanomaterials and their incorporation into polymers by means of physical mixing or chemical functionalization.

Finally, the course will describe the principal microscopic and spectroscopic techniques for nanomaterials characterisation.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica dei Nanomateriali	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Affini o integrative	lezioni frontali	Attività formative affini o integrative

### Chimica delle Nanotecnologie (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Chemistry of Nanotechnologies

**Obiettivi formativi:** Il corso mira a far acquisire la conoscenza dei concetti fondamentali delle nanoscienze in maniera comparativa a quelle molecolari con particolare riferimento alla relazione tra nanostruttura e proprietà. Trasferimento di questi concetti in materiali innovativi attraverso la dispersione in matrici polimeriche (o biopolimeriche) a dare nanocompositi. Lo studente avrà appreso:

- 1) Introduzione alle nanotecnologie ed ai sistemi nanostrutturati in una, due o tre dimensioni (network 0D - 3D);
- 2) Tecniche di preparazione e proprietà dei sistemi nanostrutturati 0D - 3D;
- 3) Tecniche di caratterizzazione dei sistemi nanostrutturati;
- 4) Nanocompositi: preparazione mediante metodologie di dispersione di specie nanometriche in matrici polimeriche; esempi di nanocompositi: a) polimero/filosilicati a strati; b) polimero/nanotubi al carbonio; c) polimero/nanoparticelle metalliche;
- 5) Esempi di applicazione dei nanocompositi.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course will provide the fundamental principles of nanoscience and nanomaterials with respect to molecular science and materials, with special focus on the nanostructure-property relationships. The concepts with then be transferred to novel materials by means of dispersion in polymer or biopolymer matrices to create nanocomposite materials.

The student will learn:

- i) Introduction to nanotechnologies and nanostructured systems in one, two or three dimensions (0D-3D network);
- ii) Synthetic methods and properties of the 0D-3D nanostructured materials;
- iii) Characterisation techniques of the nanostructured materials;
- iv) Nanocomposites: preparation by dispersion techniques of nanosized fillers in polymeric matrices; illustrations of nanocomposites: a) polymer/layered silicates; b) polymer/carbon nanotubes; c) polymer/metal nanoparticles;
- v) Case applications of nanocomposites.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano



## Regolamento Chimica Industriale

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica delle Nanotecnologie	3	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Chimica Fine per l'Industria (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Fine Chemistry for Industry

**Obiettivi formativi:** L'obiettivo del corso è quello di illustrare gli aspetti fondamentali della sintesi di composti otticamente attivi nell'ambito della produzione di "fine chemicals", ovvero di sostanze pure prodotte in quantità limitate per applicazioni altamente specializzate quali farmaci e loro intermedi, fragranze, essenze, etc. Particolare enfasi sarà data alla catalisi enantioselettiva mediante uso di catalizzatori sintetici ed enzimatici. Saranno presi in esame anche altri approcci come la separazione di enantiomeri e la sintesi dal "chiral pool". Verranno presentati alcuni esempi di applicazione delle varie metodologie su scala industriale con particolare riferimento alla sintesi di farmaci.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course focuses on the main synthetic methodologies for obtaining enantiomerically pure compounds in the fine chemicals production, such as drugs, flavours, fragrances and agrochemicals. Particular emphasis is placed on enantioselective catalysis (chemical catalysis and biocatalysis). The course also approaches some issues related to other approaches as chiral pool and separation of enantiomers. Some selected examples of existing applications on large scale synthesis are described, with particular attention to pharmaceuticals production.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Fine per l'Industria	6	CHIM/06 CHIMICA ORGANICA	Caratterizzanti	lezioni frontali	Discipline chimiche

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

**Denominazione in Inglese:** Physical Chemistry of Dispersed Systems and Interphases

**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.

Lo studente conoscerà la natura dei sistemi colloidali; le proprietà delle superfici e delle interfasi: tensione superficiale e interfacciale, capillarità; le macromolecole e i tensioattivi in soluzione; la termodinamica dell'adsorbimento secondo Gibbs; le interazioni tra particelle colloidali; la stabilità delle dispersioni; la bagnabilità delle superfici; emulsioni e microemulsioni: formazione e stabilità.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course is aimed to give the physico-chemical concepts grounding the behaviour of colloids and the principles necessary to the phenomenological comprehension of systems of industrial as well as applicative interest characterized by a large interface.

The student will learn about the nature of colloids; the properties of surfaces and interfaces: superficial and interfacial tension, capillarity; macromolecules and surfactants in solution; adsorption thermodynamics according to Gibbs; interactions between colloidal particles; the stability of dispersion; the wetting of surfaces by liquids; emulsions and microemulsions: formation and stability.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

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

### Chimica Fisica dello Stato Solido e dei Materiali (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Solid State and Materials Physical Chemistry

**Obiettivi formativi:** Il Corso si propone di portare alla comprensione delle proprietà chimico-fisiche dei solidi cristallini, anche ai fini delle loro utilizzazioni pratiche.

Lo studente conoscerà:

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:** The Course aims to lead to the understanding of the physico-chemical properties of crystalline solids, also in view of their practical application.

The student will learn:



## Regolamento Chimica Industriale

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:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Fisica dello Stato Solido e dei Materiali	6	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

## Chimica Industriale II e Laboratorio (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Industrial Chemistry II and Practical Lab

**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 e di laboratorio, 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 and practical lab activities with focus on methodologies of scale-up, risk assessment, intellectual property and patents, safety and environment friendly processes, economic analysis.

**CFU:** 9

**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.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Industriale II	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche
Laboratorio di Chimica Industriale II	3	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali+laboratorio	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

## Chimica Industriale Inorganica e Metallurgia (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Inorganic Industrial Chemistry and Metallurgy

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di fornire le principali conoscenze dei materiali inorganici e metalli e leghe metalliche impiegati nell'industria e in metallurgia, della loro produzione industriale e tecnologia, oltre che delle loro applicazioni pratiche.

Lo studente conoscerà il cloruro sodico come materia prima (soda, soda caustica, loro, acido cloridrico); la metallurgia del ferro, dell'alluminio, del rame, dello zinco, del piombo e dello stagno; la produzione industriale di silicio elementare.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course will provide the basic knowledge of inorganic materials and metals and their alloys that are primarily used in industry and metallurgy, their industrial production and technology, as well as their modern practical applications.

The student will learn sodium chloride as raw material (soda, caustic soda, chlorine, hydrochloric acid); the metallurgy of iron, aluminium, copper, zinc, lead, and tin; the industrial production of elemental silicon.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli



## Regolamento Chimica Industriale

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Industriale Inorganica e Metallurgia	3	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### 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:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Macromolecolare Industriale	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Affini o integrative	lezioni frontali	Attività formative affini o integrative

### Chimica Organica Sostenibile (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Sustainable Organic Chemistry

**Obiettivi formativi:** Il corso ha lo scopo di fornire conoscenze di chimica organica rivolte soprattutto al mondo dell'industria chimica moderna. Saranno trattati temi che facciano comprendere l'impiego di metodi sintetico-industriale innovativi ed ecosostenibili. Il corso si propone di far fronte all'esigenza di formare un futuro chimico organico industriale sensibilizzato da un lato alle tematiche ambientali, senza trascurare dall'altro i moderni approcci alla sintesi di intermedi ad alto valore aggiunto, in particolare per la chimica della conceria e della manifattura in genere.

Inoltre verranno discussi i metodi non inquinanti che permettono a basso costo di ottenere efficacemente trasformazioni di gruppi funzionali operando su larga scala, ad esempio nell'industria chimica farmaceutica.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The objective of the course is to provide knowledge in organic chemistry which is especially devoted to modern industrial chemistry. The topics to be dealt with are focused on synthetic methods on an industrial scale that are both innovative and environmentally sustainable. Approaches to the organic syntheses of high added value intermediates will be studied, in particular for chemistry in tannery and manufacturing at large.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

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

### Chimica Organometallica degli elementi di transizione (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Organometallic Chemistry of transition elements



**Obiettivi formativi:** Il corso si propone come obiettivo quello di descrivere la struttura, le proprietà, le procedure sintetiche, le tecniche di caratterizzazione, la reattività e le possibili applicazioni di complessi molecolari organometallici a base di elementi di transizione. In particolare, saranno trattati i seguenti gruppi funzionali coordinati a centri metallici: carbonile e relativi leganti isoelettronici; fosfine; ciclopentadienili, areni e altri leganti pi-greco ciclici; idruri classici e non classici; alchili e altri organili; alcheni, butadieni, allili e alchini; cumuleni ed eterocumuleni; carbeni (alchilideni) di Fischer e Schrock; carbeni NHC; carbini.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The objective of the course is to describe the structure, the properties, the synthetic procedures, the characterization techniques, the reactivity and the possible applications of organometallic molecular complexes based on transition elements. In particular, the following functional groups, coordinated to metal centres, will be considered: carbonyl and related isoelectronic ligands; phosphines; cyclopentadienyls, arenes and other cyclic pi-ligands; classical and non classical hydrides; alkyls and other organyls; alkenes, butadienes, allyls and alkynes; cumulenes and heterocumulenes; Fischer and Schrock carbenes; NHC carbenes; carbynes.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica Organometallica degli elementi di transizione	6	CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

## Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Chemistry for Sustainable Development

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di fornire una panoramica approfondita sulle problematiche relative al consumo delle risorse ed alla contaminazione ambientale nel ciclo produttivo e di "vita utile" di prodotti chimici e materiali, e di presentare alcuni dei principali approcci per una chimica sostenibile, soprattutto a partire da risorse rinnovabili.

Il programma comprende una serie di argomenti raggruppabili in 4 macrotematiche:

- 1) Chimica verde, metriche chimiche e indicatori di impatto: la progettazione e quantificazione di nuove vie sintetiche, sistemi solvente, metodi e tecnologie per l'attivazione di reazioni chimiche e l'intensificazione di processo, finalizzati ad una maggiore sostenibilità ambientale, e socio-economica.
- 2) Fonti energetiche e tecnologie per la produzione, la conversione e l'immagazzinamento dell'energia. La "oil economy" e le nuove tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili.
- 3) Ciclo di vita dei materiali: metodologia LCA per la valutazione quantitativa della sostenibilità; gestione del fine vita e delle opzioni tecnologiche per la riduzione degli scarti (trattamento dei rifiuti solidi, riciclo delle materie plastiche, recupero energetico).
- 4) Verso una nuova "Green economy". Biomasse come fonti di energia rinnovabile e materie prime di bioraffineria per la produzione di carburanti, bioplastiche e per una nuova chimica di base e degli intermedi.

Verranno illustrati, anche con esempi specifici, i criteri per la riprogettazione o realizzazione ex-novo sia di processi chimici che di materiali basati su risorse rinnovabili e/o su tecnologie in grado di influire sul miglioramento di prestazioni, rese e impatti ambientali. L'approccio olistico alle problematiche industriali verrà associato ai concetti ed alle procedure LCA (Life Cycle Assessment). Le tecnologie, i materiali ed i dispositivi per la generazione, l'immagazzinamento e la conversione di energia da fonti rinnovabili saranno presentati e discussi alla luce delle più recenti innovazioni. Allo stesso modo gli sviluppi più recenti verso un nuovo sistema integrato di bioraffineria saranno presentati e discussi col supporto di casi di studio specifici.

Infine verranno presentate alcune delle principali caratteristiche chimiche e fisiche dei sistemi colloidali, delle interfacce e delle membrane. Ne sarà discussa la rilevanza con esempi riguardanti processi intensificati e nuovi materiali nano- o microeterogenei (miscele da polimeri di riciclo, bioibridi, nanocompositi).

**Obiettivi formativi in Inglese:** The objective of the course is to provide an in-depth overview of the concept of life cycle analysis for chemicals and materials, with an emphasis on the consumption of natural resources and hazards posed to the environment and health, and on the possible approaches to a sustainable chemistry. The main criteria for designing new processes and materials based on renewable resources and/or on new technologies capable of improving chemical yield, material performance and, as a result, environmental impact.

The course content may be divided in four main sections.

- 1) The classical "green chemistry" metrics and impact indicators: the multifaceted approach to designing and quantitatively evaluating new synthetic schemes, introducing new solvent systems and new ways to activate chemical reactions and intensify chemical processes, aiming at improving the environmental, economic and social sustainability.
- 2) Energy production, conversion and storage based on the conventional oil economy versus the new technologies for energy production from renewable resources, efficient conversion and storage.
- 3) The life cycle concept and the options for its extension, including a general knowledge of the LCA methodology, the end-of-life options and the relevant technologies (solid waste treatment, energy recovery, polymer recycling).
- 4) Towards a "green economy". Biorefinery, bioplastics and biomass as an source renewable energy and of raw chemicals to complement and partially replace the traditional fossil hydrocarbon stock.

The main criteria for the conversion or ab initio design of chemical processes and materials starting from renewable resources and/or using new technologies to improve the efficiency and reduce the environmental impact of current industrial productions will be critically discussed. The sustainability concept and LCA methodology will be presented. Moreover, attention will be drawn on some of the most innovative materials and devices, and the related technologies, for the generation, storage, and conversion of energy from renewable resources. The biorefinery and the main issues concerning its potentiality to progressively replace the oil-based chemical and energy production will be critically discussed. Some of the main chemical and physical features of colloids, surfaces, interfaces and membranes will then be presented in connection with their role in low impact heterogeneous materials (as in polymer blends from recycled raw materials, biohybrids, nanocomposites) and in process intensification.

**CFU:** 9

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.





**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Chimica per lo Sviluppo Sostenibile	9	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

**Complementi di Cristallografia (3 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Complements of Crystallography

**Obiettivi formativi:** Il Corso approfondisce gli aspetti della cristallografia e delle tecniche di diffrazione e di diffusione.

Lo studente apprenderà:

metodi diretti. Fattori di struttura unitari, fattori di struttura normalizzati. Relazioni di disuguaglianza (Harker e Kasper).

Relazioni tra triplette e procedure per la determinazione dei segni;

diffusione anomala e determinazione della configurazione assoluta; diffrazione di neutroni;

diffusione di neutroni: diffusione di potenziale, diffusione di risonanza. Miscele isotopiche, stati di spin. Applicazioni: legami di idrogeno, ordine-disordine in leghe metalliche, strutture magnetiche;

densità elettronica residua. Mappe X-N, mappe X-X;

diffrazione elettronica e microscopia elettronica. Camera di diffrazione; microscopio elettronico. Diffusione di elettroni.

Diffrazione di elettroni in studi strutturali; politipismo; luce di sincrotrone. Peculiarità dei raggi X prodotti da sorgenti di sincrotrone. Applicazioni strutturali;

indagini in alta temperatura. Indagini diffrattometriche in alta temperatura. Studio di transizioni di fase;

applicazioni del metodo delle polveri. Analisi qualitativa e quantitativa in diffrattometria di polveri, uso di banche dati per il riconoscimento di fasi. Simulazioni di diffrattogrammi. Studi strutturali con metodi di polveri. Raffinamento Rietveld.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The Course will provide deepened understanding of crystallography and will extend focus on several different diffraction and diffusion methods.

The student will know:

direct methods. Unitary and normalized structure factors. Inequalities relations (Harker and Kasper). Triplet relationships (Sayre) and procedures for sign (or phase) determination;

anomalous diffusion and determination of the absolute configuration;

neutron diffraction. Neutron diffusion: potential and resonance diffusion. Isotopic mixtures, spin states. Applications: hydrogen bonding, order-disorder in alloys, magnetic structures;

residual electron density. X-N maps, X-X maps. Applications;

electron diffraction and electron microscopi. Diffraction chamber; electron microscope. Diffusion of electrons. The use of

electron diffraction in structural studies. Polytypism;

synchrotron radiation. Peculiarities of X-ray from synchrotron sources. Structural applications;

high-temperature studies. X-ray diffraction investigations at high temperature. Phase transitions;

applications of the powder methods. Qualitative and quantitative analyses through powder diffraction. Use of data bases for phase identification. Structural studies through powder data. Rietveld refinement of structures.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

**Moduli**

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

**Cristallografia (6 CFU)**

**Denominazione in Inglese:** Crystallography

**Obiettivi formativi:** Il Corso tratta gli elementi introduttivi della cristallografia, geometrica e strutturale, con l'obiettivo di fornire le conoscenze fondamentali delle tecniche e dei metodi d'analisi cristallografici.

Lo studente conoscerà:

cristallografia geometrica. Gruppi di simmetria: gruppi cristallografici del punto, reticoli bravaisiani, gruppi spaziali;

cristallografia a raggi X. Diffrazione; equazioni di Laue, equazione di Bragg; reticolo reciproco. Metodi sperimentali per la raccolta dei raggi diffratti;

cristallografia strutturale. Diffusione da parte di un elettrone; diffusione da parte di un atomo; il fattore di struttura. La funzione densità elettronica e la sua espansione in serie di Fourier; problema della fase; funzione di Patterson. Cenni sui metodi diretti. Raffinamento delle strutture cristalline. Risultati dell'analisi.

Inoltre il Corso approfondisce gli aspetti della cristallografia e delle tecniche di diffrazione e di diffusione.

Lo studente apprenderà:

metodi diretti. Fattori di struttura unitari, fattori di struttura normalizzati. Relazioni di disuguaglianza (Harker e Kasper).

Relazioni tra triplette e procedure per la determinazione dei segni;

diffusione anomala e determinazione della configurazione assoluta; diffrazione di neutroni;

diffusione di neutroni: diffusione di potenziale, diffusione di risonanza. Miscele isotopiche, stati di spin. Applicazioni: legami di idrogeno, ordine-disordine in leghe metalliche, strutture magnetiche;



## Regolamento Chimica Industriale

densità elettronica residua. Mappe X-N, mappe X-X; diffrazione elettronica e microscopia elettronica. Camera di diffrazione; microscopio elettronico. Diffusione di elettroni. Diffrazione di elettroni in studi strutturali; poltipismo; luce di sincrotrone. Peculiarità dei raggi X prodotti da sorgenti di sincrotrone. Applicazioni strutturali; indagini in alta temperatura. Indagini diffrattometriche in alta temperatura. Studio di transizioni di fase; applicazioni del metodo delle polveri. Analisi qualitativa e quantitativa in diffrattometria di polveri, uso di banche dati per il riconoscimento di fasi. Simulazioni di diffrattogrammi. Studi strutturali con metodi di polveri. Raffinamento Rietveld.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The Course will deal with the introductory elements of crystallography, geometric and structural, with the main goal of providing the basic understanding of the crystallographic analytical techniques and methods.

The student will learn:

geometrical crystallography (theory of symmetry in crystals). Symmetry groups: crystallographic point groups (symmetry classes), Bravais lattices, space groups;

X ray crystallography. Diffraction; Laue equations; Bragg law; reciprocal lattice. Experimental methods for collecting X-ray diffraction data;

structural crystallography. Diffusion from a single electron, diffusion from a single atom; the structure factor. Electron density function and its expansion into a Fourier series. The phase problem. The Patterson function. Short notes on direct methods. Crystal structure refinement: difference Fourier, least-squares refinement. Results of the structural analysis.

Moreover, the Course will provide deepened understanding of crystallography and will extend focus on several different diffraction and diffusion methods.

The student will know:

direct methods. Unitary and normalized structure factors. Inequalities relations (Harker and Kasher). Triplet relationships (Sayre) and procedures for sign (or phase) determination;

anomalous diffusion and determination of the absolute configuration;

neutron diffraction. Neutron diffusion: potential and resonance diffusion. Isotopic mixtures, spin states. Applications: hydrogen bonding, order-disorder in alloys, magnetic structures;

residual electron density. X-N maps, X-X maps. Applications;

electron diffraction and electron microscopi. Diffraction chamber; electron microscope. Diffusion of electrons. The use of electron diffraction in structural studies. Poltypism;

synchrotron radiation. Peculiarities of X-ray from synchrotron sources. Structural applications;

high-temperature studies. X-ray diffraction investigations at high temperature. Phase transitions;

applications of the powder methods. Qualitative and quantitative analyses through powder diffraction. Use of data bases for phase identification. Structural studies through powder data. Rietveld refinement of structures.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Cristallografia	6	GEO/06 MINERALOGIA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### 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

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

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

### Esame a libera scelta I (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Free choice I

**Obiettivi formativi:** La ripartizione dei crediti a scelta dello studente su due esami viene suggerita per un migliore bilanciamento dei CFU sulle due annualità. I piani di studio in cui i crediti a scelta dello studente vengono acquisiti attraverso le attività specifiche indicate nei due gruppi di attività consigliate, saranno approvati automaticamente. Potranno essere presentati piani di studio che prevedono ripartizioni diverse dei CFU a scelta, tra cui una sola attività da 9 CFU.

I corsi del gruppo "Attività consigliate per la libera scelta: gruppo 1" sono consigliati a partire dal primo anno.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1





## Regolamento Chimica Industriale

**Modalità di verifica finale:** esame scritto e/o orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Esame a libera scelta I	6	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

### Esame a libera scelta II (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Free choice II

**Obiettivi formativi:** La ripartizione dei crediti a scelta dello studente su due esami viene suggerita per un migliore bilanciamento dei CFU sulle due annualità. I piani di studio in cui i crediti a scelta dello studente vengono acquisiti attraverso le attività specifiche indicate nei due gruppi di attività consigliate, saranno approvati automaticamente. Potranno essere presentati piani di studio che prevedono ripartizioni diverse dei CFU a scelta, tra cui una sola attività da 9 CFU. I corsi del gruppo "Attività consigliate per la libera scelta: gruppo 2" sono consigliati a partire dal secondo anno.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame scritto e/o orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Esame a libera scelta II	3	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

### Laboratorio di Preparazioni Chimiche Industriali (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Laboratory of Industrial Chemical Preparations

**Obiettivi formativi:** Lo scopo del corso è quello di fornire allo studente gli elementi iniziali principali per lo svolgimento sperimentale di un progetto di ricerca innovativa di chimica industriale. Saranno presi in considerazione temi di interesse attuale e originale nei vari ambiti disciplinari, con particolare riferimento a quelli della chimica dei processi industriali catalitici, della chimica macromolecolare, dei materiali per applicazioni speciali, delle sintesi industriali da fonti rinnovabili e biotecnologiche.

Lo studente imparerà ad impostare autonomamente un progetto di ricerca su un argomento complesso e ben definito, a lavorare in sicurezza, a raccogliere con criterio e rigore i risultati sperimentali, a stabilire correlazioni e stendere un elaborato finale sul lavoro svolto nelle esercitazioni di laboratorio.

The objective of the course is to provide the student with the principal initial concepts to carry out an innovative research project in the realm of industrial chemistry. Topics of current and novel interest will be dealt with, with particular attention being devoted to the chemistry of industrial catalytic processes, macromolecular chemistry, materials for advanced applications, industrial syntheses from renewable resources and biotechnology.

The student will learn how to structure on his/her own initiative a research project on a well defined, complex subject, to work in security, to gather experimental results using criticism and rigorous criteria, to establish correlations and write a final report on the work performed during the experiments in the practical lab.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The objective of the course is to provide the student with the principal initial concepts to carry out an innovative research project in the realm of industrial chemistry. Topics of current and novel interest will be dealt with, with particular attention being devoted to the chemistry of industrial catalytic processes, macromolecular chemistry, materials for advanced applications, industrial syntheses from renewable resources and biotechnology.

The student will learn how to structure on his/her own initiative a research project on a well defined, complex subject, to work in security, to gather experimental results using criticism and rigorous criteria, to establish correlations and write a final report on the work performed during the experiments in the practical lab.

**CFU:** 9

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** L'attività è propedeutica al lavoro finale di tesi.

La frequenza è obbligatoria.

**Modalità di verifica finale:** Attività seminariali multidisciplinari.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Laboratorio di Preparazioni Chimiche Industriali	9	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni	Attività formative affini o integrative

### Materiali Compositi (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Composite Materials

**Obiettivi formativi:** Il corso è mirato a fornire conoscenze nel campo della scienza e tecnologia dei materiali compositi, sulle loro caratteristiche fondamentali, proprietà e applicazioni in vari settori. In particolare saranno discussi gli aspetti strutturali, i processi di preparazione e le principali tecniche di caratterizzazione chimico-fisica e meccanica di sistemi compositi a



## Regolamento Chimica Industriale

matrice polimerica, a matrice ceramica e a matrice metallica. Saranno inoltre trattate le tecniche di produzione, i metodi di funzionalizzazione e le principali applicazioni di nano compositi e altre tipologie di materiali innovativi, come biocompositi, materiali intelligenti e materiali ibridi.

Lo studente conoscerà:

Tipologie di materiali (metallici, polimerici, ceramici, compositi).

Principali caratteristiche strutturali e proprietà dei materiali: processi di cristallizzazione, morfologia, comportamento termico e meccanico.

Materiali metallici (deformazione plastica e frattura).

Materiali polimerici (termoplastici e termoindurenti); elastomeri e fibre sintetiche. Miscele polimeriche.

Materiali ceramici: generalità su struttura e proprietà.

Compositi a matrice polimerica. Processi di fabbricazione, proprietà e applicazioni.

Compositi polimerici rinforzati con fibre (artificiali, sintetiche e naturali).

Compositi a matrice metallica e matrice ceramica.

Bio-compositi e materiali intelligenti.

Materiali nanostrutturati e ibridi (organici/inorganici): preparazione di nanocompositi, caratterizzazione morfologica, termica e meccanica.

Processi di funzionalizzazione e compatibilizzazione di nanocompositi.

Generalità sul riciclo di materiali plastici e compositi polimerici.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course is aimed at providing knowledge in the field of science and technology of composite materials, their fundamental characteristics, properties and applications in various fields. In particular, the structural aspects, the processes of preparation and the main techniques of chemical, physical and mechanical characterization of polymer matrix, ceramic matrix and metal matrix composite systems will be discussed. The course will also cover the production techniques, methods of functionalization and the main applications of nanocomposites and other types of innovative materials, such as biocomposites, intelligent materials and hybrid materials.

The student will know:

Types of materials (metals, polymers, ceramics, composites).

Main structural features and properties of materials: crystallization processes, morphology, thermal and mechanical behavior.

Metallic materials: plastic deformation and fracture.

Polymeric materials (thermoplastic and thermosetting polymers), elastomers and synthetic fibers. Polymer blends.

Ceramic materials : generalities on the structure and properties.

Polymer matrix composites. Manufacturing processes, properties and applications.

Fiber-reinforced polymer composites (artificial, synthetic and natural fibers).

Metal matrix and ceramic matrix composites.

Bio-composites and smart materials.

Nanostructured materials and hybrids (organic / inorganic): preparation of nanocomposites, morphological, thermal and mechanical characterization.

Functionalization and compatibilization of nanocomposites.

General information on the recycling of plastics and polymer composites.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Materiali Compositi	3	ING-IND/22 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Materiali Inorganici (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Inorganic Materials

**Obiettivi formativi:** Nel corso vengono prima introdotti alcuni metodi di indagine specifici per lo stato solido. Cristallografia e tecniche di diffrazione, fluorescenza X, microscopia ottica, microscopia elettronica a scansione e a trasmissione, microscopia a forza atomica. Viene poi presentata 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. I materiali trattati riguardano boro, alluminio, carbonio e silicio; conduttori, semiconduttori e giunzioni p-n; quarzo, silice, colloidali e sol, vetri; mullite; argille, cementi e materiali ceramici; ghisa e acciai. 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 starts with introducing some methods of analysis specific to the solid state: crystallography and diffraction techniques, X-ray fluorescence, optical microscopy, scanning and transmission electron microscopy, atomic force microscopy. Then follows a review of production methods, of the relationship between structure and properties and of applications of some inorganic materials both traditional and advanced type that have reached the threshold of industrial production. The materials covered include boron, aluminium, carbon and silicon, conductors, semiconductors and p-n junctions, quartz, silica, colloids and sols, glasses, mullite, clays, cement and ceramic materials, cast iron and steel. Every year, an expert from the industrial world will replace the official teacher in presenting a monographic topic among those listed above.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Materiali Inorganici	6		Caratterizzanti	lezioni frontali	Discipline chimiche



## Regolamento Chimica Industriale

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
		CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA			

### Materiali per Usi Speciali (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Materials for Special Uses

**Obiettivi formativi:** Misurazione delle proprietà meccaniche e tecnologie di lavorazione dei materiali polimerici. Principali materiali polimerici di interesse industriale ed interpretazione molecolare delle loro proprietà reologiche. Principali tipi di materiali polimerici per usi speciali. Materiali polimerici biodegradabili, meccanismi e test di biodegradazione, applicazioni ambientali. Usi di materiali polimerici in campo biomedico, farmaceutico e nell'ingegneria tissutale. Sistemi protesici e sistemi terapeutici. Protesi di più largo impiego in campo cardiovascolare ed ortopedico. Membrane, polimeri barriera, lenti a contatto. Principali classi di materiali fotoattivi e fotomodulazione delle loro proprietà.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Measurement of mechanical properties and processing of polymeric materials. Main polymeric materials of industrial interest and molecular interpretation of their rheological properties. Main classes of specialty polymeric materials. Biodegradable polymeric materials, biodegradation mechanisms and biodegradability tests, environmental applications. Biomedical, pharmaceutical and tissue engineering applications of polymeric materials. Prosthetic and therapeutic systems. Most common cardiovascular and orthopaedic prostheses. Membranes, barrier polymers, contact lenses. Main classes of photoactive polymers and photomodulation of their properties.

**CFU:** 9

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Materiali per Usi Speciali	9	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

### Polimeri di Interesse Industriale e Laboratorio (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Industrial Polymers and Practical Lab

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di fornire conoscenze avanzate sulle maggiori classi strutturali di polimeri di interesse industriale, soprattutto i cosiddetti commodities. L'attenzione sarà rivolta allo studio dei metodi di preparazione industriale dei polimeri a partire dai loro precursori della petrolchimica, dei processi e degli impianti di produzione e processazione, delle loro proprietà chimico-fisiche finali e delle loro applicazioni pratiche su mercati di larga scala.

Lo studente apprenderà i criteri di scelta dei prodotti e dei processi più moderni e vantaggiosi e dei problemi connessi con la loro produzione industriale e il suo impatto socio-economico e ambientale. Sarà in grado di definire correlazioni tra la struttura chimica e le proprietà fisico-meccaniche e le prestazioni pratiche dei polimeri principali.

Le attività pratiche di laboratorio saranno incentrate sulla realizzazione su piccola scala di analoghi processi di polimeri di interesse industriale, comprese differenti architetture macromolecolari, della loro caratterizzazione e della valutazione di alcune delle loro proprietà di massa e di superficie.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course aims at providing an advanced knowledge on the major structural families of industrial polymers, mainly commodities. Focus will be placed on industrial preparations of polymers from their respective raw materials, namely petrochemicals, the production and processing processes and plants, ultimate physico-chemical properties and practical applications in large market areas.

The student will learn criteria to select the best suited modern and viable processes, and the problems associated with the industrial production and its socio-economical and environmental impact. He/she will be able to identify correlation between chemical structure and physico-mechanical properties and performances of the principal polymers in use.

The experimental activities in the practical lab course will deal with the lab-scale preparation of industrial polymers, including special macromolecular architectures, their characterization and assessment of some of their bulk and surface properties.

**CFU:** 9

**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.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Laboratorio	3	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali+laboratorio	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche
Polimeri di Interesse Industriale	6	CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Discipline chimiche



Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
					ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

### Polimeri per la Bioindustria (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Polymers for Bioindustry

**Obiettivi formativi:** Il corso tende a far acquisire conoscenze dettagliate relative alle applicazioni, sia convenzionali che emergenti, di materiali polimerici nell'ambito della bioindustria. Saranno descritte diverse classi di materiali polimerici, sia di natura sintetica che di origine naturale, con particolare riferimento alle loro proprietà chimico-fisiche e strutturali. Un ulteriore obiettivo sarà rivolto a far acquisire la comprensione delle proprietà caratterizzanti un materiale polimerico per uso come plastico ed interventi mirati alla modulazione di tali proprietà. Saranno inoltre illustrate e discusse diverse tecnologie di lavorazione volte alla produzione di manufatti polimerici per applicazioni biomediche ed ambientali. Infine saranno presentati e discussi esempi di materiali polimerici biodegradabili impiegati per la produzione bioindustriale di manufatti polimerici micro-nanostrutturati.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course will provide detailed information on both the well consolidated and emerging fields of applications of polymers within the bioindustry. Different class of polymeric materials, both of synthetic and natural origin, are described along with their key physical-chemical and structural features. One further objective is to enable comprehension of the specific properties of a polymeric material to be used as a plastic and methods aiming at tuning such properties. Several processing technologies for the production of polymeric items for biomedical and environmental applications are presented and discussed. Case studies of polymers employed for the bioindustrial production of micro-nanostructured polymeric systems will be also presented and discussed.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Polimeri per la Bioindustria	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Polimeri per Usi Biomedici e Farmaceutici (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Polymers for Biomedical and Pharmaceutical Uses

**Obiettivi formativi:** Il corso fornisce un'ampia introduzione ai polimeri e ai materiali polimerici che sono in uso o presentano potenzialità per l'uso nei campi biomedico e farmaceutico. I sistemi trattati sono quelli di origine naturale, sintetica e semi-sintetica, compreso i materiali le cui proprietà di massa e di superficie possono essere modulate attraverso modifiche chimiche, fisiche e biologiche.

Lo studente apprenderà i fondamenti nei seguenti principali argomenti: Materiali polimerici biodegradabili: principali tipi di materiali biodegradabili, meccanismi di biodegradazione, test di biodegradazione, applicazioni di polimeri biodegradabili. Polimeri di origine batterica. Usi di materiali polimerici in campo biomedico. Reazione del corpo estraneo e biocompatibilità. Farmaci polimerici, farmaci polimerizzati, trasportatori di farmaci e loro applicazioni in campo biomedico e farmaceutico. Ingegneria tissutale. Influenza della topologia superficiale e tecniche litografiche per la modifica della morfologia delle superfici. Protesi di più largo impiego in campo cardiovascolare ed ortopedico. Le lenti a contatto ed i polimeri barriera.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course provides a broad overview of the polymers and polymeric materials that are used or have potential for use in biomedicine and pharmaceuticals. The systems dealt with are of natural, synthetic and semi-synthetic origin, including different materials in which tuning of bulk and surface properties is achieved by chemical, physical and biological methods.

The student will learn fundamental principles in the following main topics: Biodegradable polymeric materials: main types of biodegradable materials, biodegradation mechanisms, biodegradation tests, applications of biodegradable polymers.

Polymers of bacterial origin. Uses of polymeric materials in the biomedical field. Foreign body reaction and biocompatibility.

Polymeric drugs, polymerized drugs, drug carriers and their application in biomedical and pharmaceutical fields. Tissue engineering. Influence of surface topology and lithographic techniques for surface morphology modification. Most common prostheses used in cardiovascular and orthopedic fields. Contact lenses and barrier polymers.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Polimeri per Usi Biomedici e Farmaceutici	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente



### Polimeri per Usi Speciali I (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Polymers for Special Uses I

**Obiettivi formativi:** Il corso offre una panoramica introduttiva ai principali tipi di materiali polimerici per usi speciali.

Lo studente apprenderà i concetti fondamentali dei principali materiali polimerici di interesse industriale e un'interpretazione molecolare di alcune delle loro proprietà tecnologiche. Conoscerà i materiali polimerici biodegradabili, i meccanismi e i saggi di biodegradazione e le loro applicazioni; usi di materiali polimerici in campo biomedico, farmaceutico e nell'ingegneria tissutale; sistemi protesici e sistemi terapeutici.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course provides an introductory overview of the main types of polymeric materials for special uses and applications.

The student will learn the basic concepts of the principal polymeric materials of industrial relevance and shall be able to interpret some of their technological properties from a molecular standpoint. He/she will know biodegradable polymeric materials, their mechanisms and tests of biodegradation, and their applications; uses of polymeric materials in biomedical and pharmaceutical areas and in tissue engineering; prosthetic devices and therapeutic systems.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Polimeri per Usi Speciali I	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Polimeri per Usi Speciali II (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Polymers for Special Uses II

**Obiettivi formativi:** Il corso offre una panoramica approfondita dei principali tipi di materiali polimerici per usi speciali in campo ottico e fotonico.

Lo studente apprenderà i concetti fondamentali delle principali classi di materiali fotoattivi e della fotomodulazione delle loro proprietà; polimeri push-pull e proprietà ottiche non lineari; film di Langmuir-Blodgett; polimeri elettroluminescenti; cenni sui polimeri liquido-cristallini e sulle loro applicazioni.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course provides a deepened insight into of main types of polymeric materials for special uses in optics and photonics.

The student will learn the fundamental concepts of the principal photoactive polymeric materials and photomodulation of their properties; push-pull polymers and nonlinear optical properties; Langmuir-Blodgett films; electroluminescent polymers; introduction to liquid crystalline polymers and their applications.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Polimeri per Usi Speciali II	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Processi e Impianti Industriali Chimici II (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Industrial Chemical Plants and Processes II

**Obiettivi formativi:** Il corso ha lo scopo di presentare le problematiche relative alla progettazione degli impianti chimici, ovvero al passaggio dalle operazioni alle apparecchiature di taglia industriale. Il contenuto del corso riguarda gli aspetti di base, le tecniche di dimensionamento e i criteri di scelta relativi ad alcune operazioni unitarie di primaria importanza, come sintetizzato di seguito. Moto dei fluidi nelle tubazioni: coefficienti di attrito e perdite di carico; potenza delle macchine operatrici per liquidi e aeriformi; tubazioni e contenitori, scarichi di emergenza. Scambio di calore: meccanismi di trasmissione del calore, tipi di scambiatori e tecniche di dimensionamento; aspetti costruttivi relativi a condensatori, evaporatori e scambiatori di tipo particolare; tecniche di recupero energetico; fluidi ausiliari. Operazioni miscelatorie: separazioni di sistemi eterogenei, trasporto solidi, cristallizzazione, essiccamento. Verranno utilizzati programmi di calcolo per il calcolo di progetto delle apparecchiature e per la rappresentazione grafica di schemi di impianto, con cenni alle problematiche di misura e automazione dei processi chimici.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Scope of the course is to present topics related to chemical plant design, that is the passage from lab operation to industrial scale equipments.

Course content in about basic aspects, design techniques and selection criteria for several unit operations of primary significance, as synthesized in the sequel.

Flow of fluids: friction coefficient and pressure drop; power of pumps and compressors; pipes and vessels; emergency releases. Heat exchange: heat transfer mechanisms, types of heat exchangers and design techniques; condensers, evaporators and special types of exchangers; arrangements for energy saving, auxiliary fluids. Miscellaneous operations: separation of heterogeneous systems, solid transportation, crystallization, drying.

In the lab course computer codes for equipment design and graphical representation of plant schemes are used; basic aspects of measurements and control of chemical processes are also presented.

**CFU:** 9

**Reteirabilità:** 1



## Regolamento Chimica Industriale

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Processi e Impianti Industriali Chimici II	9	ING-IND/26 TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni	Discipline chimiche ambientali, biotecnologiche, industriali, tecniche ed economiche

### Scelta dello Studente 1 (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Student's Choice 1

**Obiettivi formativi:** Il Corso intende dare una formazione complementare a quella fondamentale prevista nel piano di studio in ambiti disciplinari a scelta dello studente. Può essere scelta liberamente qualunque attività formativa tra quelle offerte dall'Ateneo, purché compatibile con le finalità del percorso formativo dello studente.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course will provide a complementary formation to the fundamental ones in teaching fields by free choice of the student. It may be any activity among those that are offered in the entire University system, provided it is compatible with the learning objectives of the student

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza al corso teorico non è obbligatoria, ma raccomandata. La frequenza è obbligatoria ai corsi di laboratorio.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale con eventuale scritto.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Scelta dello Studente 1	6	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

### Scelta dello Studente 2 (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Student's Coice 2

**Obiettivi formativi:** Il Corso intende dare una formazione complementare a quella fondamentale prevista nel piano di studio in ambiti disciplinari a scelta dello studente. Può essere scelta liberamente qualunque attività formativa tra quelle offerte dall'Ateneo, purché compatibile con le finalità del percorso formativo dello studente.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course will provide a complementary formation to the fundamental ones in teaching fields by free choice of the student. It may be any activity among those that are offered in the entire University system, provided it is compatible with the learning objectives of the student.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza al corso teorico non è obbligatoria, ma raccomandata. La frequenza è obbligatoria ai corsi di laboratorio.

**Modalità di verifica finale:** Esame finale orale con eventuale scritto.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Scelta dello Studente 2	3	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	A scelta dello studente

### Soft Matter (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Soft Matter

**Obiettivi formativi:** Il corso di propone di offrire una panoramica della chimica, le proprietà fisiche e le applicazioni degli stati aggregati soffici della materia, con riferimento alle tematiche fondamentali e tecnologiche moderne.

Lo studente conoscerà le caratteristiche salienti dei materiali amorfi e dei materiali con ordine non cristallino, inclusi i cristalli liquidi, le sostanze auto-assemblate, i colloidali e le micelle, i sistemi con microseparazione di fase e organizzati su diverse scale di lunghezza.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course aims at providing a general survey on the chemistry, physical properties and applications of soft condensed matter, with special emphasis being devoted to fundamental and technological implications of modern soft matter.

The student will know the principal features of amorphous materials and noncrystalline, ordered materials, including liquid crystals, self-assembling compounds, colloids and micelles, microphase separated materials and systems ordered over different length scales.

**CFU:** 3





## Regolamento Chimica Industriale

### Reteirabilità: 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Soft Matter	3	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Sostanze Organiche di Interesse Agrochimico (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Organic Compounds for Agrochemical Application

**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 ai 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. Saranno presentate l'origine, l'evoluzione e le prospettive dei principali tipi di pesticidi (fungicidi, insetticidi ed erbicidi 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 termine del corso lo studente, oltre ad aver acquisito conoscenze specifiche eventualmente utili in un futuro lavoro in ambito agrochimico, avrà familiarizzato con concetti e problematiche presenti anche in altri settori connessi con la chimica organica applicata e sarà più capace di applicare conoscenze e mentalità chimiche a discipline non strettamente chimiche.

**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. For this purpose, the origin, the evolution and the perspective of the major types of organic pesticides (insecticides, fungicides and herbicides) will be presented and the main questions concerning their preparation and use will be discussed (mainly, structural features and modifications, industrial synthesis, mechanisms of action, toxicity, environmental impact, resistance), as well as their possible future developments. A special chapter will be devoted to insect pheromones, a class of 'green' agrochemicals, and to their natural role and to their use in pest control.

At the end of the Course, the student, besides having acquired a specific knowledge useful in a future work in the field of agrochemicals, will have familiarized with concepts and problems typical also of other areas of applied organic chemistry. Furthermore he/she will be more trained to apply chemical knowledge and mentality to non-chemical disciplines.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

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

### Spettroscopia NMR allo Stato Solido I (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Solid State NMR Spectroscopy I

**Obiettivi formativi:** Il corso si occupa di fornire le basi teoriche ed un panorama delle applicazioni dell'NMR a stato solido per varie classi di materiali.

Gli argomenti trattati sono di seguito elencati.

Basi dell'NMR. Confronto tra l'approccio classico e quello quanto-meccanico.

Interazioni degli spin nucleari. Gli Hamiltoniani di spin "interni", interazione di schermo chimico, interazione dipolare, interazione scalare, interazione quadrupolare, l'effetto dei moti molecolari, differenze tra solidi e liquidi.

Tecniche essenziali per l'NMR allo stato solido in bassa ed alta risoluzione. Solid Echo, Magic Angle Spinning (MAS), tecniche di disaccoppiamento eteronucleare, tecniche di disaccoppiamento omonucleare, Cross-Polarization (CP). Tempi di rilassamento T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>1</sub>ρ. Spin diffusion.

Relazione tra proprietà NMR, proprietà fisiche e materiali. Come investigare struttura e dinamica molecolare su ampi range spaziali e temporali. Applicazioni a diverse classi di materiali attraverso le seguenti tecniche: spettri MAS per la misura di chemical shift isotropi (vari nuclei); tecniche selettive MAS; sequenze di impulsi per la misura di: anisotropia di chemical shift in cristalli liquidi e solidi, interazioni scalari, interazioni dipolari etero- e omo-nucleari (tecniche di correlazione, misura di distanze internucleari), interazioni quadrupolari (tecniche ad alta e bassa risoluzione), tempi di rilassamento, processo di spin diffusion.

**Obiettivi formativi in Inglese:** This course deals with the basic principles of solid-state NMR and its applications to a variety of materials.

The treated subjects are listed in the following.

Basics of NMR. Comparison between the classical and quanto-mechanical approaches. Nuclear spin interactions. Internal spin Hamiltonians, chemical shielding, dipolar, scalar, quadrupolar interactions, the effect of molecular motions, differences between solids and liquids.

Essential low- and high-resolution solid-state NMR techniques: solid echo, magic angle spinning (MAS), hetero- and homo-nuclear decoupling schemes, cross-polarization (CP). T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>1</sub>ρ relaxation times. Spin diffusion.

Relationship among NMR properties, physical properties and materials. How to investigate structural and molecular dynamics over broad spatial and time ranges. Applications to different classes of materials through the following techniques: MAS spectra for the measurement of isotropic chemical shifts of various nuclei; selective MAS techniques; pulse sequences



## Regolamento Chimica Industriale

for the measurement of: chemical shift anisotropy in solids and liquid crystals, scalar interactions, homo- and hetero-nuclear interactions (correlation techniques, measurement of internuclear distances), quadrupolar interactions (low- and high-resolution techniques), relaxation times, spin diffusion.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Spettroscopia NMR allo Stato Solido I	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Spettroscopia NMR allo Stato Solido II (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Solid State NMR Spectroscopy II

**Obiettivi formativi:** Il corso tratta le applicazioni delle tecniche NMR a stato solido ad un'ampia varietà di materiali e sistemi: farmaci, materiali polimerici sintetici o di natura biologica, materiali di natura inorganica, sistemi ibridi organici-inorganici, cristalli liquidi, ecc. In particolare, verranno discusse le proprietà nucleari misurabili mediante NMR a stato solido e le corrispondenti tecniche sperimentali, nonché le proprietà fisiche di natura strutturale e dinamica da esse ottenibili. Le applicazioni a materiali di varia natura verranno trattate attraverso esempi in base alla tecnica NMR impiegata: spettri in alta risoluzione per vari nuclei, tecniche selettive, misura di anisotropia di chemical shift (tecniche 1D e 2D), interazioni scalari, interazioni dipolari etero- e omo-nucleari, interazioni quadrupolari (tecniche ad alta e bassa risoluzione), tempi di rilassamento, nonché tecniche basate sul processo di spin diffusion protonico.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course deals with the applications of solid state NMR techniques to a variety of materials and systems: drugs, synthetic and bio-polymers, inorganic materials, organic-inorganic hybrid materials, liquid crystals, etc. In particular, the nuclear properties measurable by solid state NMR and their corresponding experimental techniques will be discussed along with the structural and dynamic physical properties that can be derived from them. The applications to different materials will be treated through examples on the basis of the NMR techniques employed: high-resolution spectra of various nuclei, selective techniques, measurement of: chemical shift anisotropy (1D and 2D techniques), scalar interactions, homo- and hetero-nuclear dipolar interactions, quadrupolar interactions (high- and low-resolution techniques), relaxation times, as well as techniques based on the proton spin diffusion process.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Spettroscopia NMR allo Stato Solido II	3	CHIM/02 CHIMICA FISICA	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Sviluppo di Processi Industriali Chimici I (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Development of Chemical Industrial Processes I

**Obiettivi formativi:** Il corso ha lo scopo di presentare esempi di sviluppo di processi industriali chimici a partire dalle conoscenze di base fino ad arrivare a più soluzioni impiantistiche con una analisi critica dei risultati ottenuti e delle problematiche di tipo pratico connesse con la loro realizzazione.

Dal punto di vista teorico vengono ripresi aspetti di base della modellazione di processo a partire dalle equazioni fondamentali (di conservazione e di equilibrio), dal calcolo dei gradi di libertà di un sistema, con particolare riferimento a processi con integrazione termica e materiale.

Dal punto di vista più applicativo, sono presentate le caratteristiche di alcuni simulatori di processo e vengono svolte esercitazioni collettive relative ad alcuni processi di riferimento che saranno in parte sviluppati dagli studenti come lavoro di esame.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Scope of the course is to present examples of development of chemical processes having industrial relevance, starting from basic knowledge to reach different possible solutions, with a critical analysis of results and proposed solutions in the light of their industrial realization.

As theoretical background, some basic aspects of process modelling are illustrated, starting from first principles equations, degree of freedom of a system, with particular emphasis on processes with heat and mass integration.

As applications, main features of process simulators are presented and some class exercises are performed referring to selected cases studies, which will be partly developed by students as examination work.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Sviluppo di Processi Industriali Chimici	3		Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni	





## Regolamento Chimica Industriale

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
		ING-IND/26 TEORIA DELLO SVILUPPO DEI PROCESSI CHIMICI			A scelta dello studente

### Tecnologia dei Materiali Polimerici II (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Technology of Polymeric Materials II

**Obiettivi formativi:** Il corso si prefigge di fornire agli studenti le conoscenze relative alle proprietà applicative e tecnologiche per le diverse classi dei materiali polimerici industrialmente utilizzati. Alla fine del corso, lo studente acquisirà conoscenze sulle tecnologie di trasformazione e le lavorazioni dei materiali polimerici in dipendenza dalla natura chimica dei componenti e del campo di applicazione in modo tale da permettergli di selezionare il materiale ed il processo più adeguato alla realizzazione di un manufatto in materiale polimerico.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course aims to give to the students the knowledge on the properties and technological applications for different classes of polymeric materials used industrially. At the end of the course, students will acquire knowledge on processing technologies and working of polymeric materials depending on the nature of the chemical components and scope so as to enable them to select the material and the process is appropriate to creation of a polymer manufact.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza del corso non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Tecnologia dei Materiali Polimerici	3	CHIM/05 SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali	A scelta dello studente

### Tesi e Prova finale (42 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Thesis and Final Assessment

**Obiettivi formativi:** La prova finale consiste in un esame orale di fronte alla commissione di laurea in cui lo studente espone e discute l'argomento della tesi elaborata e scritta sotto la guida di un relatore a seguito dell'attività svolta in un laboratorio di ricerca universitario o di aziende e strutture pubbliche o private.

Esprime la valutazione globale del curriculum dello studente e della preparazione e maturità scientifica da lui raggiunta al termine del corso di studio.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The final assessment will be an oral exam before a thesis committee in which the student will present and defend the research work he/she carried out in a research laboratory, either at the University or in a private or public research institution, under the guidance of a supervisor.

It will provide an overall evaluation of the full curriculum and final level of scientific and cultural qualification of the student.

**CFU:** 42

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** L'attività di Laboratorio di Preparazioni Chimiche Industriali è propedeutica.

La frequenza del laboratorio è obbligatoria.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale di laurea su un lavoro teorico-sperimentale e relativo elaborato scritto.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica	Ambito
Tesi e Prova Finale	39	PROFIN_S Prova finale per settore senza discipline	Altre attività - prova finale	laboratorio e/o esercitazioni	Per la prova finale
Altre conoscenze	3	PROFIN_S Prova finale per settore senza discipline	Altre attività - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	seminario	A scelta dello studente