



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

# Chimica Industriale (2024)

## Il corso

Codice corso: 32387

Classe di laurea: LM-71

Durata: 2 anni

Lingua: ITA

Modalità di erogazione:

Dipartimento: CHIMICA

## Presentazione

La laurea in chimica industriale fornisce conoscenze chimiche sia di base che avanzate ed è orientata verso una formazione in campo industriale e applicativo. La laurea Magistrale si articola in 2 anni divisi in semestri. Lo studente può scegliere fra 3 curricula: - Ambiente Risorse Energia e Sicurezza (ARES), - Materiali Polimerici (MP), - Organico Biotecnologico (OB). Gli esami da sostenere sono 12 di cui 2 a scelta dello studente. Per conseguire la laurea è necessario svolgere una tesi sperimentale (31 CFU), ottenere l'idoneità di ulteriori conoscenze linguistiche (4CFU) ed acquisire conoscenze per l'indirizzamento nel mondo del lavoro (1 CFU). La laurea fornirà al laureato magistrale le abilità e le conoscenze per svolgere attività professionali nello sviluppo di processi chimici e nel controllo di impianti; nei settori della sintesi e caratterizzazione di nuovi materiali, dell'ambiente e dell'energia e delle biotecnologie industriali. Inoltre, fornirà gli strumenti culturali idonei per svolgere attività di ricerca, sviluppo e produzione nei settori della salute, dell'alimentazione, della cosmesi, dei materiali, dell'ambiente e dell'energia e ulteriori conoscenze di lingua inglese.

# Percorso formativo

## Ambiente Risorse Energia e Sicurezza (ARES)

### 1° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
10612107   RISORSE ALTERNATIVE E MATERIE PRIME SECONDARIE	1°	6	ITA

#### Obiettivi formativi

L'obiettivo generale dell'insegnamento è fornire le conoscenze di base relative alle operazioni utilizzate in processi produttivi per l'ottenimento di metalli da materie prime primarie con lo scopo di evidenziare limiti e possibilità applicative per il trattamento di materie prime secondarie (scarti e rifiuti).

Descrittore di Dublino 1- Conoscenza e capacità di comprensione

- Principi delle operazioni unitarie per il pre-trattamento fisico di materie prime primarie e secondarie.
- Termodinamica di processi pirometallurgici per il recupero di metalli da materie prime primarie e secondarie.
- Termodinamica di processi idrometallurgici per il recupero di metalli da materie prime primarie e secondarie.

Tali obiettivi sono raggiunti mediante erogazione di lezioni frontali in aula

Descrittore di Dublino 2 – Capacità applicative

- Interpretazione di diagrammi termodinamici inerenti processi pirometallurgici, idrometallurgici ed elettrometallurgici come guida per lo sviluppo di nuovi processi anche nel trattamento di rifiuti
- Rappresentare attraverso diagrammi di flusso i processi di recupero di metalli da materie prime e secondarie.
- Formulare le equazioni di bilancio di materia e di energia che sono alla base della progettazione e del controllo di impianti pirometallurgici e idrometallurgici.

Tali obiettivi sono raggiunti mediante esempi specifici ed esercitazioni dedicate in aula.

Descrittore di Dublino 3– Autonomia di giudizio

- Identificazione di potenziali materie prime secondarie per il recupero di metalli ed elaborazione di possibili schemi di processo.
- Essere in grado di individuare e raccogliere informazioni aggiuntive su composizione e flussi di materia per valutare possibili strategie di recupero.
- Elaborazione di schemi a blocchi e bilanci di materia per possibili processi piro, idro ed elettrometallurgici a partire da rifiuti e scarti.

Tali obiettivi sono raggiunti mediante l'elaborazione in esercizi dedicati di schemi di processo originali per il recupero di metalli da materie prime secondarie e/o elaborazione di bilanci di materia sulla base di conoscenze di termodinamica pre-acquisite nella didattica frontale e nelle esercitazioni.

Descrittore di Dublino 4 – Abilità nella comunicazione

- Descrivere qualitativamente i processi che possono essere implementati per il recupero di metalli da materie prime primarie e secondarie.
- Saper spiegare a persone non esperte le nozioni di base della pirometallurgia e dell'idrometallurgia;
- Saper presentare un elaborato o riassumere in maniera completa ma concisa i risultati raggiunti utilizzando correttamente il linguaggio tecnico e gli strumenti grafici tipici per gli schemi di processo (diagrammi a blocchi).

Tali obiettivi sono raggiunti mediante esposizione in classe del materiale raccolto in gruppi inerente lo sviluppo di processi innovativi tesi alla valorizzazione di materie prime secondarie o la rappresentazione mediante schemi a blocchi di processi convenzionali e innovativi.

Descrittore di Dublino 5 – Capacità di apprendere

- Essere in grado di aggiornarsi o ampliare le proprie conoscenze attingendo in maniera autonoma a testi, articoli scientifici, sia in italiano che in inglese, mediante la consultazione delle principali banche dati disponibili in rete.
- Avere le capacità di apprendimento che sono necessarie ai fini di un continuo aggiornamento nell'ambito dello sviluppo dei processi di recupero di metalli da materie prime primarie e secondarie.

1020331 | SCIENZE E  
TECNOLOGIE DELLA  
CATALISI

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

L'obiettivo principale del corso, svolto in modalità di lezioni frontali, è quello di fornire i principi base della catalisi eterogenea e della reattività gas-solido. Si prefigge inoltre di fornire un approccio metodologico integrato e ragionato che correli aspetti di struttura e reattività di specie chimiche con aspetti di cinetica e termodinamica delle reazioni.

I risultati attesi riguardano:

1. la comprensione dei fenomeni della catalisi eterogenea mediante un approccio multidisciplinare. Lo studente potrà apprendere i principali metodi di preparazione e di caratterizzazione dei catalizzatori (di bulk e di superficie), i meccanismi di reazione sulla superficie (adsorbimento dei reagenti, reazioni di superficie, desorbimento dei prodotti) e alcune applicazioni della catalisi eterogenea di interesse industriale ed ambientale, affrontando anche le problematiche connesse alla sicurezza.
2. l'applicazione di un approccio multidisciplinare mediante analisi di esempi tratti dalla letteratura relativa al mondo della ricerca o al mondo dell'industria. Lo studente applicherà anche nozioni teoriche di base acquisite in precedenza nei vari corsi di Chimica Generale, Chimica Inorganica e Chimica Fisica per l'interpretazione dei fenomeni catalitici e saprà valutare quali-quantitativamente:
  - i principali parametri cinetici che descrivono l'attività di un catalizzatore in termini di attività e selettività, con particolare attenzione ai possibili effetti del trasporto di massa,
  - i principali parametri morfologici e chimico-fisici del catalizzatore (composizione, struttura, dispersione) da cui dipende la prestazione catalitica.
3. lo sviluppo di capacità di interpretazione di dati sperimentali e di risultati presenti nella letteratura scientifica.
4. lo sviluppo della capacità di comunicare in modo sintetico e con padronanza espressiva le conoscenze acquisite mediante un colloquio orale.
5. l'abilità di giustificare ed argomentare le scelte effettuate, predisponendosi così ad affrontare studi successivi con un alto grado di autonomia.

1020329 | PROCESSI DI  
TRATTAMENTO DI  
SCARICHI, EMISSIONI E  
RIFIUTI, RECUPERO DI  
MATERIA ED ENERGIA

1°

9

ITA

**Obiettivi formativi****OBIETTIVI FORMATIVI**

Il corso concorre al raggiungimento degli obiettivi formativi di cui al Manifesto degli Studi della Laurea Magistrale in Chimica Industriale (curriculum ARES: Ambiente, Risorse, Energia, Sicurezza).

In particolare, il corso ha l'obiettivo di fornire una descrizione panoramica sull'applicazione dei processi chimici, fisici e biotecnologici nel campo della protezione ambientale, con particolare riferimento ai principali processi di trattamento di reflui e rifiuti, ivi inclusa la loro valorizzazione, sia come risorse secondarie che a fini energetici.

In questo ambito, il corso intende fornire altresì gli elementi di base dell'analisi e descrizione dei processi suddetti, come mutuati dall'ingegneria chimica (analisi cinetica, bilanci di materia ed energia, relazioni di equilibrio), fornendone gli esempi specifici per i casi oggetto di studio.

Studenti e studentesse che abbiano superato l'esame avranno conosciuto e compreso (descrittore 1 - conoscenze acquisite):

- I fondamenti dei principali processi chimici, fisici e biologici per il trattamento di reflui, rifiuti ed emissioni, e per il recupero di energia e materia
- I metodi di rappresentazione quantitativa dei processi e di dimensionamento preliminare delle relative apparecchiature.
- L'uso di specifiche tecniche di misura e controllo di rilievo nei processi studiati

Studenti e studentesse che abbiano superato l'esame saranno in grado di (descrittore 2 - competenze acquisite):

- Applicare metodologie per l'analisi di processi di depurazione e valorizzazione di reflui e rifiuti e della produzione di energia da risorse rinnovabili (fino al dimensionamento preliminare delle principali unità di processo)
- Inquadrare i contenuti appresi nel contesto più generale della salvaguardia dell'ambiente, anche con riferimento al quadro normativo
- Inquadrare i contenuti appresi nel contesto più generale dello sviluppo dell'industria chimica e di processo, con particolare riferimento alla sostenibilità ambientale

Insieme con le lezioni frontali, l'esecuzione di esercitazioni numeriche in classe e di esercitazioni di laboratorio, che prevedono l'elaborazione con lavoro autonomo di relazioni scritte sugli argomenti trattati, consentono di incrementare e di valutare le capacità critiche e di giudizio (descrittore 3) e la capacità di comunicare quanto si è appreso (descrittore 4)

<b>Insegnamento</b>	<b>Semestre</b>	<b>CFU</b>	<b>Lingua</b>
10612110   MATERIALI SOSTENIBILI PER L'INDUSTRIA E L'AMBIENTE	1°	6	ITA

**Obiettivi formativi**

Obiettivo formativo di questo corso è quello di fornire allo Studente una conoscenza adeguata dei concetti fondamentali della chimica dei materiali avanzati applicati ai settori ambientale, agro-alimentare, energetico, biotecnologico e dei beni culturali.

I materiali infatti sono al centro dell'innovazione industriale e rappresentano fattori indispensabili per la competitività industriale e lo sviluppo sostenibile. Uno degli obiettivi più importanti è sviluppare materiali avanzati con nuove funzionalità e migliori prestazioni d'uso, per prodotti più competitivi e sicuri che consentano di ridurre al minimo l'impatto sull'ambiente e il consumo delle risorse.

10612108   ANALISI E CONTROLLO DEI PROCESSI CHIMICI	2°	9	ITA
---	----	---	-----

**Obiettivi formativi**

## I MODULO

L'obiettivo principale dell'insegnamento riguarda la conoscenza e l'utilizzo di metodi di analisi di processi chimici con applicazione specifica nell'analisi dei dati sperimentali ottenuti in laboratorio nella fase di caratterizzazione e ottimizzazione dei processi e dei prodotti.

## Descrittore di Dublino 1

Conoscenze di base di inferenza statistica per l'analisi dei dati (intervalli di confidenza, test d'ipotesi e analisi della varianza); conoscenze di base di progettazione della sperimentazione e analisi statistica correlata (sperimentazione fattoriale); analisi di regressione lineare univariata e multivariata.

Tali obiettivi sono raggiunti mediante erogazione di lezioni frontali in aula.

## Descrittore di Dublino 2

Utilizzare le tecniche di programmazione degli esperimenti e relativa analisi statistica dei dati; effettuare la regressione lineare e non lineare di dati sperimentali e relativa analisi statistica.

Tali obiettivi sono raggiunti mediante esercitazioni in aula al computer e alla lavagna.

## II MODULO

## A – Conoscenza e capacità di comprensione

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di conoscere e comprendere (conoscenze acquisite):

- Le problematiche legate al controllo di processi chimici, e come tali problematiche possono essere affrontate mediante la formulazione e applicazione sistematica di modelli matematici.
- Le nozioni di base necessarie per l'analisi della dinamica di sistemi
- Le principali strategie utilizzate per il controllo di processi chimici
- Le nozioni di base necessarie per la progettazione del sistema di controllo di un processo chimico.

## B – Capacità applicative

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di:

- Sviluppare, attraverso applicazione dei principi di conservazione, modelli matematici a parametri concentrati di processi chimici.
- Valutare, attraverso analisi dei modelli matematici formulati, come la dinamica di un sistema di processo cambia al variare dei parametri operativi e di progetto.
- Analizzare la dinamica di un sistema non lineare attraverso uno studio della sua linearizzazione.
- Determinare la risposta di un sistema lineare a variazioni delle variabili di ingresso.
- Configurare e dimensionare il sistema di controllo di un processo chimico.

## C – Autonomia di giudizio

- Essere in grado di formulare una propria valutazione e/o giudizio sulla base della interpretazione delle informazioni disponibili nell'ambito dell'analisi e del controllo di processi chimici.
- Essere in grado di individuare e raccogliere informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza.
- Avere la capacità del saper fare, del saper prendere iniziative e decisioni tenendo conto dei vari aspetti di interesse della analisi e del controllo di processi chimici.

## D – Abilità nella comunicazione

- Saper spiegare a persone non esperte le nozioni di base della dinamica dei sistemi, e come lo sviluppo e l'applicazione di modelli matematici permetta di risolvere problemi di progettazione e controllo di processi chimici;
- Descrivere le metodologie per il controllo di processi chimici utilizzando un linguaggio tecnicamente corretto.

## E – Capacità di apprendere

- Avere le capacità di apprendimento che sono necessarie ai fini di un continuo aggiornamento nell'ambito dello studio della dinamica e del controllo di processi chimici.
- Avere la capacità di attingere a diverse fonti bibliografiche, sia in italiano che in lingua inglese, al fine di acquisire nuove competenze.

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Il corso si concentra sui concetti di rischio professionale causato da agenti chimici. Fornisce inoltre informazioni sui rischi professionali derivanti da agenti biologici e fisici.

1020326 |  
BIOTECNOLOGIE  
INDUSTRIALI

2°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Il corso si propone, tramite lezioni frontali, di dare le basi delle conoscenze della struttura, dell'organizzazione e funzionamento della cellula microbica, dell'analisi delle popolazioni microbiche ambientali, di alcuni processi di produzione per via fermentativa su larga scala di biocarburanti e della produzione di proteine ed enzimi ricombinanti.

Ci si attende che lo studente sia in grado di identificare categorie di microrganismi e di valutare le possibilità dell'utilizzo dei microrganismi per la produzione di sostanze con applicazioni industriali, le possibilità di sviluppo e miglioramento dei processi, la produzione di nuove sostanze o l'applicazione di nuovi processi.

Ci si propone inoltre di sviluppare la capacità di comunicare in modo appropriato le conoscenze tramite la valutazione orale dell'apprendimento e la presentazione di ricerche individuali.

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

2°

6

ITA

**2° anno****Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**

10612111 | DINAMICA  
DEGLI INQUINANTI E  
RISANAMENTO DEI SITI  
CONTAMINATI

1°

9

ITA

**Obiettivi formativi**

Il corso concorre al raggiungimento degli obiettivi formativi di cui al Manifesto degli Studi della Laurea Magistrale in Geologia Applicata.

In particolare, il corso ha l'obiettivo di fornire agli studenti le conoscenze di base relative ai fenomeni di contaminazione dei suoli e delle falde acquifere allo scopo di:

- Comprendere i meccanismi che governano la dispersione di contaminanti nelle matrici ambientali suolo e falde acquifere sulla base della conoscenza delle caratteristiche dei contaminanti e delle matrici ambientali di interesse;
- Selezionare le strategie di intervento per il recupero e riqualificazione di siti contaminati;
- Valutare l'adeguatezza delle soluzioni potenzialmente applicabili al contesto normativo nazionale

Studenti e studentesse che abbiano superato l'esame avranno conosciuto e compreso (descrittore 1: conoscenze acquisite):

- Fondamenti sui fenomeni di trasporto dei contaminanti nei suoli e nelle falde acquifere con particolare riferimento alle caratteristiche chimico fisiche dei contaminanti e delle matrici ambientali di interesse
- Principali tecnologie per la caratterizzazione dei siti contaminati
- Fondamenti e principali tipologie di tecnologie applicabili nel risanamento di siti contaminati

- Procedure tecnico/amministrative nella gestione di un sito contaminato nel contesto normativo nazionale

Studenti e studentesse che abbiano superato l'esame saranno in grado di (descrittore 2 - competenze acquisite):

- Predisporre un piano di caratterizzazione per un sito potenzialmente contaminato
- Identificare la strategia più appropriata nella bonifica/messa in sicurezza di un sito contaminato
- Predisporre attività sperimentali propedeutiche alla selezione della migliore strategia/tecnologia per la bonifica di un sito inquinato

Nel corso delle lezioni frontali, oltre alla acquisizione delle competenze suddette, il riferimento a casi reali di contaminazione, con diretta interazione con gli studenti e stimolazione a fornire possibili soluzioni delle problematiche presentate, consentirà di incrementare le capacità critiche e di giudizio (descrittore 3) e la capacità di comunicare quanto si è appreso (descrittore 4)

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
10612112   METODI PER LO SVILUPPO DI PROCESSI CHIMICI	1°	6	ITA

#### Obiettivi formativi

A – Conoscenza e capacità di comprensione

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di conoscere e comprendere (conoscenze acquisite):

- I principi che guidano lo sviluppo di metodi numerici per la soluzione di equazioni algebriche ed equazioni differenziali ordinarie.
- Le nozioni di base per la risoluzione numerica delle equazioni di bilancio di materia e di energia che governano la dinamica di processi chimici.
- Gli aspetti metodologico-operativi relativi alla valutazione dell'impatto ambientale di un processo chimico mediante analisi del ciclo di vita.
- Le nozioni di base necessarie per la valutazione di fattibilità economica di un processo chimico.

B – Capacità applicative

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di:

- Sviluppare, attraverso applicazione dei principi di conservazione, modelli matematici a parametri concentrati di processi chimici.
- Risolvere attraverso l'applicazione di algoritmi numerici modelli matematici a parametri concentrati di processi chimici.
- Effettuare simulazioni numeriche di reti di unità di processo.
- Effettuare una valutazione dell'impatto ambientale di un processo chimico mediante analisi del ciclo di vita.
- Effettuare una valutazione della fattibilità economica di un processo chimico.

C – Autonomia di giudizio

- Essere in grado di formulare una propria valutazione e/o giudizio sulla base della interpretazione delle informazioni disponibili nell'ambito dello sviluppo di processi chimici.
- Essere in grado di individuare e raccogliere informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza.
- Avere la capacità del saper fare, del saper prendere iniziative e decisioni tenendo conto dei vari aspetti di interesse delle metodologie di sviluppo dei processi chimici.

D – Abilità nella comunicazione

- Descrivere qualitativamente le problematiche di progettazione e controllo di processi chimici e come tali problematiche possano essere risolte attraverso lo studio di modelli matematici.
- Saper spiegare a persone non esperte le nozioni di base della simulazione numerica di processi chimici.
- Saper spiegare a persone non esperte i principi che guidano la valutazione dell'impatto ambientale di un processo chimico attraverso analisi del ciclo di vita.
- Essere in grado di riportare in forma scritta, con un linguaggio tecnicamente corretto, i risultati di un progetto che preveda una analisi tecno-economica di un processo chimico.
- Essere in grado di presentare in forma orale, anche attraverso l'impiego di strumenti informatici, i risultati di un progetto che preveda una analisi tecno-economica di un processo chimico.

E – Capacità di apprendere

- Avere le capacità di apprendimento che sono necessarie ai fini di un continuo aggiornamento nell'ambito dello studio delle metodologie per lo sviluppo dei processi chimici.
- Avere la capacità di utilizzare diverse fonti bibliografiche, sia in italiano che in lingua inglese, al fine di acquisire nuove conoscenze e competenze.
- Ricercare in modo autonomo testi e articoli scientifici utili alla risoluzione dei problemi incontrati.

1022454   SISTEMI DI PRODUZIONE E ACCUMULO DELL'ENERGIA	1°	9	ITA
---	----	---	-----

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>			
OBIETTIVI FORMATIVI - Italiano			
A - Conoscenza e capacità di comprensione			
OF 1) Conoscere le fonti energetiche rinnovabili			
OF 2) Conoscere i principali metodi e dispositivi elettrochimici di accumulo dell'energia			
OF 3) Conoscere i principali metodi e dispositivi di conversione dell'energia			
OF 4) Comprendere i principi fondamentali dell'elettrochimica			
OF 5) Comprendere le proprietà dei materiali in termini di conducibilità ionica ed elettronica			
OF 6) Comprendere il metodo d'indagine della spettroscopia d'impedenza elettrochimica			
B – Capacità applicative			
OF 7) Saper progettare un protocollo di analisi per lo studio delle proprietà elettrochimiche dei materiali in vista della loro applicazione in dispositivi di accumulo/conversione dell'energia			
OF 8) Saper dedurre dalle proprietà chimico-fisiche dei materiali la loro funzionalità in dispositivi di accumulo/conversione dell'energia			
OF 9) Saper monitorare le prestazioni di un dispositivo elettrochimico di accumulo/conversione			
C - Autonomia di giudizio			
OF 10) Essere in grado di valutare l'applicabilità di materiali e dispositivi nei vari settori dell'accumulo e della conversione energetica (stazionario/mobile) riferendosi ai dati reperibili in letteratura e all'esito delle prove di laboratorio presentate durante il corso.			
OF 11) Essere in grado di individuare le tecniche di indagine elettrochimica più adeguate allo studio dei materiali in base alla loro natura e proprietà redox			
OF 12) Essere in grado di valutare la coerenza di materiali e dispositivi di accumulo/conversione con requisiti e target imposti dalle attuali politiche energetiche, a partire dai risultati presentati dallo studente nelle relazioni scritte sulle prove di laboratorio.			
D – Abilità nella comunicazione			
OF 13) Saper comunicare il principio di funzionamento dei dispositivi di accumulo/conversione			
OF 14) Saper comunicare le proprietà dei materiali, con particolare riferimento alle loro caratteristiche di conducibilità elettrica			
OF 15) Saper comunicare i principi del metodo d'indagine elettrochimica, descrivendone la teoria di base con il supporto di equazioni e grafici			
E - Capacità di apprendere			
OF 16) Avere la capacità di consultare la letteratura messa a disposizione sui materiali per dispositivi di accumulo/conversione			
OF 17) Avere la capacità di valutare l'adeguatezza di un metodo d'indagine elettrochimica per lo studio delle prestazioni di nuovi materiali attraverso la consultazione di schede tecniche e prospetti informativi			
A SCELTA DELLO STUDENTE	2°	6	ITA
AAF1162   ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE	2°	4	ITA
AAF1147   ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO	2°	1	ITA
AAF1029   PROVA FINALE	2°	31	ITA

### Materiali Polimerici (MP)

1° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
--------------	----------	-----	--------

**Obiettivi formativi**

La Sintesi Organica rappresenta una disciplina avanzata nell'ambito della Chimica Organica, che consente di costruire l'edificio molecolare di molecole obiettivo di diverso grado di complessità in modo non casuale, ma mirato ed efficiente. Poiché gli obiettivi sintetici sono costituiti largamente da sostanze bioattive ad alto valore aggiunto, la Sintesi Organica rappresenta un'area culturale di interesse non solo accademico ma industriale, anche per quanto riguarda gli aspetti di sostenibilità derivanti dal Protocollo della Green Chemistry.

Obiettivo formativo generale del corso di insegnamento è quello di conferire conoscenze sulle metodologie e strategie della sintesi organica e conoscenze sulla chimica organica preparativa tramite lezioni frontali ed esercitazioni in aula. I risultati di apprendimento attesi sono saper progettare una sintesi semplice secondo i moderni criteri razionali e di compatibilità ambientale, e saper valutare come eseguire passaggi sintetici in laboratorio.

Obiettivi specifici: lo studente che abbia superato l'esame possiederà le conoscenze necessarie allo studio dell'approccio razionale alla sintesi organica (logica della sintesi), e le conoscenze di metodologie sintetiche moderne e compatibili (lezioni frontali); sarà in grado di conoscere e comprendere i principi della Green Chemistry anche nell'ambito applicativo della sintesi (lezioni frontali); avrà inoltre acquisito le conoscenze necessarie ad affrontare i procedimenti della chimica organica preparativa (lezioni frontali ed esercitazioni in aula). Sarà inoltre in grado, tramite collegamenti trasversali fra le sue conoscenze di chimica organica, di giudicare quale sarà la più efficace fra diverse modalità di sintesi (avvalendosi di esempi discussi nelle lezioni frontali e nelle esercitazioni) e di descrivere con un linguaggio adeguato gli schemi della sintesi (interventi sollecitati dalla docente durante le lezioni e discussione di esempi alla lavagna durante le lezioni frontali e le esercitazioni). L'approfondimento dello studio delle condizioni delle reazioni organiche necessario per affrontare uno schema sintetico fornirà allo studente la capacità di proseguire lo studio della chimica organica in modo autonomo (lezioni frontali ed esercitazioni in aula).

**Obiettivi formativi**

Il corso è dedicato all'approfondimento delle conoscenze sulla sintesi e sul comportamento di materiali polimerici allo stato solido. Il corso è rivolto a studenti che abbiano già acquisito informazioni di base sulla chimica e chimico-fisica delle macromolecole. In particolare, tramite lo studio specifico sul comportamento di polimerici elastomerici, viscoelastici, cristallini e conduttori elettronici, lo studente acquisisce competenze sulle correlazioni tra la struttura chimica dei materiali e le loro proprietà. Il corso è organizzato in modo tale da dare allo studente l'opportunità di conoscere le teorie che descrivono le caratteristiche peculiari di ogni tipologia di materiale, le deviazioni dalle previsioni fornite dai modelli ed i comportamenti reali. Inoltre, tramite esempi di risultati sperimentali su comportamenti reali dei materiali polimerici, ottenuti con varie tecniche di indagine, si stimola la capacità di scelta del tipo di analisi strumentale più opportuna per caratterizzare il materiale in relazione alla sua destinazione applicativa. Tali abilità sono anche sviluppate tramite la sollecitazione alla lettura critica, oltre che ai libri di testo, di pubblicazioni scientifiche o relazioni tecniche sulle proprietà di materiali polimerici. Con le conoscenze acquisite, lo studente possiederà competenze sui principi e sui criteri di utilizzazione dei materiali polimerici, potrà essere in grado di prevedere il comportamento dei materiali in base all'analisi della struttura delle macromolecole ed avere la possibilità di ipotizzare o progettare le caratteristiche dei materiali in relazione ai possibili impieghi. Gli studenti saranno in grado di inserirsi agevolmente sia nel mondo del lavoro dell'industria chimica dei materiali polimerici sia nell'attività scientifica del mondo accademico e dei centri di ricerca che si occupino di polimeri. Inoltre, le informazioni fornite potranno essere impiegate per affrontare con una maggiore consapevolezza gli argomenti trattati in altri corsi del CdS in Chimica Industriale riguardanti lo studio e le applicazioni dei polimeri.

## Obiettivi formativi

Il corso mira ad introdurre i concetti della struttura delle macromolecole, per esempio polimeri sintetici, con metodi chimico-fisici applicati alla caratterizzazione strutturale, focalizzando l'attenzione sulla diffrazione dei raggi X (di cui verrà menzionata la complementarità con la diffrazione di neutroni). Saranno introdotte le diverse tecniche basate sui raggi X come diffrazione a grande angolo (WAXS) e diffusione a basso angolo (SAXS) e ne verrà dimostrata la capacità di caratterizzare le gerarchie strutturali e complessità morfologica delle macromolecole sulla scala spaziale dalle distanze interatomiche fino a dimensioni nanometriche.

Saranno sviluppate conoscenze della teoria di diffrazione dei raggi X da un elettrone, un atomo, un insieme dei atomi e infine da un oggetto macromolecolare. Inoltre sarà introdotto il concetto di ordine/disordine strutturale.

Verranno descritti i concetti di stato amorfo e semi-cristallino dei sistemi polimerici e dell'organizzazione strutturale delle loro soluzioni diluite in solventi compatibili.

Riguardo allo stato cristallino verrà discusso il concetto di cella elementare, di cristallinità, di ordine lamella e della relativa suddivisione in domini amorfi e cristallini. Verranno inoltre presentati sistemi con ordine bidimensionale (p.e fibre) e il loro studio mediante tecniche di diffrazione.

Durante il corso saranno effettuate diverse esperienze di laboratorio, al fine di consolidare le competenze teoriche e implementare praticamente le operazioni di elaborazione di dati sperimentali. Attraverso le esperienze di laboratorio, lo studente avrà la possibilità di raccogliere dati di diffrazione, di elaborarli e, attraverso l'uso di programmi specifici, di estrarre parametri strutturali caratteristici del sistema in studio.

Al termine del corso lo studente avrà acquisito competenze riguardo ai principi generali della diffrazione dei raggi X/neutroni, applicata a sistemi macromolecolari. In particolare, dovrà conoscere i principi dell'esperimento di diffrazione a grande e a basso angolo, dovrà essere in grado di selezionare le condizioni sperimentali più idonee allo studio dei sistemi proposti, dimostrando di saper applicare le competenze acquisite. Inoltre, deve saper argomentare le scelte identificate. Dovranno essere chiaramente compresi gli aspetti strutturali di sistemi complessi, come soluzioni polimeriche, di bio-macromolecole e fluidi complessi. Lo studente dovrà inoltre dimostrare la capacità di inquadrare il problema nel giusto contesto e di selezionare modelli teorici più adatti alla sua risoluzione qualitativa e quantitativa.

Nel corso della prova finale verrà, inoltre, valutata la capacità di analisi, di sintesi e di coerenza logica nell'esposizione orale e l'abilità dello studente di comunicare in un linguaggio appropriato a livello corrispondente alla Laurea Magistrale.

Durante il corso allo studente saranno proposti articoli scientifici pubblicati su riviste internazionali insieme a testi di riferimento per approfondimenti che verranno discussi in aula. Questo approccio dovrebbe favorire la capacità di apprendimento e l'abitudine a selezionare fonti bibliografiche diverse, in italiano e, soprattutto in inglese. Il Corso dovrebbe quindi trasmettere l'importanza di un aggiornamento continuo in funzione, ad esempio, dello svolgimento della tesi di laurea magistrale o del dottorato di ricerca. Verrà stimolata la proposta da parte degli studenti di sistemi di loro interesse in cui le tecniche oggetto del corso possono aumentare il grado di comprensione delle correlazioni tra proprietà microscopiche e funzionalità a livello macroscopico.

10612110 | MATERIALI  
SOSTENIBILI PER  
L'INDUSTRIA E  
L'AMBIENTE

1°

6

ITA

## Obiettivi formativi

Obiettivo formativo di questo corso è quello di fornire allo Studente una conoscenza adeguata dei concetti fondamentali della chimica dei materiali avanzati applicati ai settori ambientale, agro-alimentare, energetico, biotecnologico e dei beni culturali.

I materiali infatti sono al centro dell'innovazione industriale e rappresentano fattori indispensabili per la competitività industriale e lo sviluppo sostenibile. Uno degli obiettivi più importanti è sviluppare materiali avanzati con nuove funzionalità e migliori prestazioni d'uso, per prodotti più competitivi e sicuri che consentano di ridurre al minimo l'impatto sull'ambiente e il consumo delle risorse.

10612108 | ANALISI E  
CONTROLLO DEI  
PROCESSI CHIMICI

2°

9

ITA

## Obiettivi formativi

### I MODULO

L'obiettivo principale dell'insegnamento riguarda la conoscenza e l'utilizzo di metodi di analisi di processi chimici con applicazione specifica nell'analisi dei dati sperimentali ottenuti in laboratorio nella fase di caratterizzazione e ottimizzazione dei processi e dei prodotti.

#### Descrittore di Dublino 1

Conoscenze di base di inferenza statistica per l'analisi dei dati (intervalli di confidenza, test d'ipotesi e analisi della varianza); conoscenze di base di progettazione della sperimentazione e analisi statistica correlata (sperimentazione fattoriale); analisi di regressione lineare univariata e multivariata.

Tali obiettivi sono raggiunti mediante erogazione di lezioni frontali in aula.

#### Descrittore di Dublino 2

Utilizzare le tecniche di programmazione degli esperimenti e relativa analisi statistica dei dati; effettuare la regressione lineare e non lineare di dati sperimentali e relativa analisi statistica.

Tali obiettivi sono raggiunti mediante esercitazioni in aula al computer e alla lavagna.

### II MODULO

#### A – Conoscenza e capacità di comprensione

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di conoscere e comprendere (conoscenze acquisite):

- Le problematiche legate al controllo di processi chimici, e come tali problematiche possono essere affrontate mediante la formulazione e applicazione sistematica di modelli matematici.
- Le nozioni di base necessarie per l'analisi della dinamica di sistemi
- Le principali strategie utilizzate per il controllo di processi chimici
- Le nozioni di base necessarie per la progettazione del sistema di controllo di un processo chimico.

#### B – Capacità applicative

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di:

- Sviluppare, attraverso applicazione dei principi di conservazione, modelli matematici a parametri concentrati di processi chimici.
- Valutare, attraverso analisi dei modelli matematici formulati, come la dinamica di un sistema di processo cambia al variare dei parametri operativi e di progetto.
- Analizzare la dinamica di un sistema non lineare attraverso uno studio della sua linearizzazione.
- Determinare la risposta di un sistema lineare a variazioni delle variabili di ingresso.
- Configurare e dimensionare il sistema di controllo di un processo chimico.

#### C – Autonomia di giudizio

- Essere in grado di formulare una propria valutazione e/o giudizio sulla base della interpretazione delle informazioni disponibili nell'ambito dell'analisi e del controllo di processi chimici.
- Essere in grado di individuare e raccogliere informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza.
- Avere la capacità del saper fare, del saper prendere iniziative e decisioni tenendo conto dei vari aspetti di interesse della analisi e del controllo di processi chimici.

#### D – Abilità nella comunicazione

- Saper spiegare a persone non esperte le nozioni di base della dinamica dei sistemi, e come lo sviluppo e l'applicazione di modelli matematici permetta di risolvere problemi di progettazione e controllo di processi chimici;
- Descrivere le metodologie per il controllo di processi chimici utilizzando un linguaggio tecnicamente corretto.

#### E – Capacità di apprendere

- Avere le capacità di apprendimento che sono necessarie ai fini di un continuo aggiornamento nell'ambito dello studio della dinamica e del controllo di processi chimici.
- Avere la capacità di attingere a diverse fonti bibliografiche, sia in italiano che in lingua inglese, al fine di acquisire nuove competenze.

### Obiettivi formativi

Lo studente sarà guidato a comprendere quali sono le molecole, i polimeri, i materiali più importanti nel settore biomedico. Dovrà saper mettere in relazione le principali proprietà chimico-fisiche e strutturali dei biomateriali con le funzioni svolte nell'organismo in relazione ai meccanismi di interazione con l'organismo stesso. Acquisirà approfondite conoscenze sui più importanti metalli, ceramiche e biopolimeri, in particolare polipeptidi e polisaccaridi, di interesse biomedico. Per una specifica problematica biomedica, dovrà essere in grado di individuare la combinazione di biomateriali più idonea alla soluzione del problema.

Lo studente svilupperà capacità critiche e di giudizio attraverso la discussione in aula degli argomenti trattati nel corso delle lezioni frontali.

Tali obiettivi saranno raggiunti per mezzo di lezioni frontali in aula adiuuate dalla visione di video esplicativi e dalla lettura di materiale bibliografico avanzato (review, esempi di brevetti, ecc).

Alla fine del corso, con le conoscenze acquisite lo studente, di concerto con altre figure professionali quali medici, biologi ed ingegneri, sarà in grado di proporre e sviluppare idee per la progettazione di un dispositivo biomedico.

La capacità di comunicare quanto appreso in modo chiaro, motivando pienamente ed in modo razionale quanto riportato, verrà valutata attraverso un esame orale.

Alla fine del corso e dopo aver sostenuto l'esame lo studente avrà acquisito la capacità di proseguire lo studio in modo fortemente autonomo su qualunque argomento, anche avanzato, che riguardi la i biomateriali ed i biopolimeri.

1020324 |  
LABORATORIO  
MACROMOLECOLE

2°

9

ITA

### Obiettivi formativi

Il corso è strutturato in modo da fornire allo studente della laurea magistrale informazioni approfondite su alcune tecniche sperimentali impiegate per caratterizzazione dei materiali polimerici. Tramite l'analisi dei risultati acquisiti si metteranno in evidenza le correlazioni tra le proprietà osservate e la struttura dei materiali ed i loro i campi di applicazione.

In particolare, nel corso si descrivono argomenti riguardanti la tensione superficiale di solidi polimerici, l'analisi dinamomeccanica, la cinetica di processi di cristallizzazione, applicazioni della spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier nella caratterizzazione dei polimeri e le proprietà elettriche di polimeri isolanti e conduttori. Per ogni argomento trattato, il corso si sviluppa in tre fasi.

Nella prima si esaminano in dettaglio le grandezze che si misureranno con la tecnica strumentale in oggetto, le teorie che descrivono i fenomeni analizzati, le correlazioni tra la struttura chimica dei materiali ed il loro comportamento.

Nella seconda fase verrà descritta la strumentazione impiegata e le modalità sperimentali da utilizzare in relazione alle informazioni che si vogliono acquisire. Le procedure usate verranno confrontate con quelle proposte, se esistenti, dalle normative internazionali.

Nella terza fase si condurranno le prove sperimentali e si acquisiranno i dati per la successiva elaborazione. I risultati ottenuti verranno analizzati in base alle teorie descritte nella prima fase.

Lo studente saprà gestire la strumentazione impiegata ed acquisirà la sensibilità opportuna per analizzare quali siano i parametri sperimentali e strumentali importanti per effettuare prove di caratterizzazione, anche impiegando tecniche non affrontate nel corso. L'importanza dedicata all'analisi e l'elaborazione dei dati sperimentali è rivolta all'acquisizione della capacità di applicare criticamente modelli matematici in grado di descrivere e, quindi, prevedere il comportamento dei materiali, anche in condizioni non direttamente esaminate. Il raggiungimento di tale obiettivo è ottenuto tramite lavori di gruppo, redazione di relazioni scritte di carattere tecnico, di esposizione dei risultati raggiunti e di esercitazioni numeriche su problematiche macromolecolari.

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

2°

6

ITA

### 2° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
1022451   SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI POLIMERICI	1°	9	ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Gli obiettivi formativi del corso sono l'acquisizione di conoscenze sui principali processi per la formulazione delle materie plastiche ad uso commerciale, sui processi tecnologici di trasformazione dei polimeri, nonché sullo sviluppo di materiali compositi ad alte prestazioni e sul riciclo delle materie plastiche.

Al termine del corso gli studenti acquisiranno una conoscenza avanzata dei principi chimico-fisici che regolano i processi di trasformazione e formulazione dei materiali polimerici. Il corso fornirà quindi agli studenti una solida preparazione nel settore delle tecnologie tradizionali di lavorazione dei materiali polimerici e del loro riciclo e allo stesso tempo la capacità di ideare, pianificare, e progettare nuovi materiali o combinazioni di materiali al fine di estendere i settori di applicazione dei materiali polimerici tradizionali.

Lo svolgimento di esperienze in laboratorio permetterà agli studenti di acquisire conoscenze sulle principali strumentazioni idonee per la caratterizzazione dei materiali polimerici e compositi. Tali conoscenze permetteranno di acquisire competenze nella scelta e nella realizzazione di materiali in funzione delle condizioni particolari d'impiego. Verranno redatte relazioni sulle esperienze di laboratorio che verranno discusse in aula al fine di sviluppare capacità critiche e di giudizio indispensabili per l'elaborazione di possibili soluzioni a potenziali problematiche industriali. A tal proposito, per promuovere il contatto con le problematiche industriali, saranno previsti uno o due seminari tematici attraverso l'invito di esperti dell'area industriale specifica.

La conoscenza della terminologia propria della disciplina e la capacità di comprendere gli argomenti anche in lingua inglese verranno sviluppate mediante l'uso di testi e materiale didattico sia in lingua italiana che in lingua inglese. Infine, la capacità di comunicare quanto si è appreso sarà sviluppato attraverso l'elaborazione di relazioni lo svolgimento dell'esame orale.

10612115 | METODI  
SPETTROSCOPICI  
APPLICATI

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Questo corso offre un'introduzione ai Metodi Spettroscopici utilizzati per lo studio dei sistemi chimici e macromolecolari. Le diverse tecniche spettroscopiche come la spettroscopia rotazionale, vibrazionale ed elettronica e la risonanza magnetica nucleare verranno descritte a partire dai principi quantomeccanici dei modelli di riferimento. Verranno poi viste le applicazioni più significative per la caratterizzazione dei sistemi chimici e macromolecolari.

L'obiettivo del corso è quello di fornire allo studente una conoscenza teorica e pratica delle basi fisiche delle tecniche spettroscopiche maggiormente utilizzate e della loro gamma di applicazioni allo studio dei sistemi chimici e macromolecolari

1022457 | CHIMICA  
FISICA DELLO STATO  
SOLIDO E MATERIALI  
NANOSTRUTTURATI

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

In accordo ai primi due descrittori di Dublino, lo studente a fine corso dovrà aver appreso:

- a) il significato di polimero conduttore/semiconduttore ed il concetto di drogaggio di un polimero semiconduttore;
- b) come si preparano e si caratterizzano i polimeri conduttori;
- c) la scienza dei materiali alla base della scelta dei polimeri conduttori come materiali attivi in dispositivi elettrochimici, ottici, elettronici e per la sensoristica

Lo studente applicherà le conoscenze acquisite durante il corso per la sintesi e caratterizzazione di materiali polimerici con diverse caratteristiche di conduzione elettrica.

Nel corso si dedica attenzione a far sviluppare le capacità di comunicare quanto si è appreso attraverso domande in classe e l'esame finale (quarto descrittore di Dublino).

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

2°

6

ITA

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
AAF1162   ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE	2°	4	ITA
AAF1147   ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO	2°	1	ITA
AAF1029   PROVA FINALE	2°	31	ITA

### Organico Biotecnologico (OB)

#### 1° anno

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
1020332   SINTESI ORGANICHE	1°	9	ITA

#### Obiettivi formativi

La Sintesi Organica rappresenta una disciplina avanzata nell'ambito della Chimica Organica, che consente di costruire l'edificio molecolare di molecole obiettivo di diverso grado di complessità in modo non casuale, ma mirato ed efficiente. Poiché gli obiettivi sintetici sono costituiti largamente da sostanze bioattive ad alto valore aggiunto, la Sintesi Organica rappresenta un'area culturale di interesse non solo accademico ma industriale, anche per quanto riguarda gli aspetti di sostenibilità derivanti dal Protocollo della Green Chemistry.

Obiettivo formativo generale del corso di insegnamento è quello di conferire conoscenze sulle metodologie e strategie della sintesi organica e conoscenze sulla chimica organica preparativa tramite lezioni frontali ed esercitazioni in aula. I risultati di apprendimento attesi sono saper progettare una sintesi semplice secondo i moderni criteri razionali e di compatibilità ambientale, e saper valutare come eseguire passaggi sintetici in laboratorio.

Obiettivi specifici: lo studente che abbia superato l'esame possiederà le conoscenze necessarie allo studio dell'approccio razionale alla sintesi organica (logica della sintesi), e le conoscenze di metodologie sintetiche moderne e compatibili (lezioni frontali); sarà in grado di conoscere e comprendere i principi della Green Chemistry anche nell'ambito applicativo della sintesi (lezioni frontali); avrà inoltre acquisito le conoscenze necessarie ad affrontare i procedimenti della chimica organica preparativa (lezioni frontali ed esercitazioni in aula). Sarà inoltre in grado, tramite collegamenti trasversali fra le sue conoscenze di chimica organica, di giudicare quale sarà la più efficace fra diverse modalità di sintesi (avvalendosi di esempi discussi nelle lezioni frontali e nelle esercitazioni) e di descrivere con un linguaggio adeguato gli schemi della sintesi (interventi sollecitati dalla docente durante le lezioni e discussione di esempi alla lavagna durante le lezioni frontali e le esercitazioni). L'approfondimento dello studio delle condizioni delle reazioni organiche necessario per affrontare uno schema sintetico fornirà allo studente la capacità di proseguire lo studio della chimica organica in modo autonomo (lezioni frontali ed esercitazioni in aula).

1020325   MACROMOLECOLE	1°	6	ITA
-------------------------	----	---	-----

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Il corso è dedicato all'approfondimento delle conoscenze sulla sintesi e sul comportamento di materiali polimerici allo stato solido. Il corso è rivolto a studenti che abbiano già acquisito informazioni di base sulla chimica e chimico-fisica delle macromolecole. In particolare, tramite lo studio specifico sul comportamento di polimerici elastomerici, viscoelastici, cristallini e conduttori elettronici, lo studente acquisisce competenze sulle correlazioni tra la struttura chimica dei materiali e le loro proprietà. Il corso è organizzato in modo tale da dare allo studente l'opportunità di conoscere le teorie che descrivono le caratteristiche peculiari di ogni tipologia di materiale, le deviazioni dalle previsioni fornite dai modelli ed i comportamenti reali. Inoltre, tramite esempi di risultati sperimentali su comportamenti reali dei materiali polimerici, ottenuti con varie tecniche di indagine, si stimola la capacità di scelta del tipo di analisi strumentale più opportuna per caratterizzare il materiale in relazione alla sua destinazione applicativa. Tali abilità sono anche sviluppate tramite la sollecitazione alla lettura critica, oltre che ai libri di testo, di pubblicazioni scientifiche o relazioni tecniche sulle proprietà di materiali polimerici. Con le conoscenze acquisite, lo studente possiederà competenze sui principi e sui criteri di utilizzazione dei materiali polimerici, potrà essere in grado di prevedere il comportamento dei materiali in base all'analisi della struttura delle macromolecole ed avere la possibilità di ipotizzare o progettare le caratteristiche dei materiali in relazione ai possibili impieghi. Gli studenti saranno in grado di inserirsi agevolmente sia nel mondo del lavoro dell'industria chimica dei materiali polimerici sia nell'attività scientifica del mondo accademico e dei centri di ricerca che si occupino di polimeri. Inoltre, le informazioni fornite potranno essere impiegate per affrontare con una maggiore consapevolezza gli argomenti trattati in altri corsi del CdS in Chimica Industriale riguardanti lo studio e le applicazioni dei polimeri.

1016712 | CHIMICA  
DELLE FERMENTAZIONI  
E MICROBIOLOGIA  
INDUSTRIALE

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Il corso si propone di fornire conoscenze e comprensione, tramite lezioni frontali, della struttura, dell'organizzazione e funzionamento della cellula microbica, della coltivazione microbica e dei principali processi di produzione per via fermentativa su larga scala di composti chimici, enzimi e biomassa.

Ci si attende che lo studente sia in grado di valutare le possibilità dell'utilizzo dei microrganismi per la produzione di sostanze con applicazioni industriali, le possibilità di sviluppo e miglioramento dei processi, la produzione di nuove sostanze o l'applicazione di nuovi processi.

Ci si propone inoltre di sviluppare la capacità di comunicare le conoscenze in modo appropriato tramite la valutazione orale dell'apprendimento.

10612110 | MATERIALI  
SOSTENIBILI PER  
L'INDUSTRIA E  
L'AMBIENTE

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi**

Obiettivo formativo di questo corso è quello di fornire allo Studente una conoscenza adeguata dei concetti fondamentali della chimica dei materiali avanzati applicati ai settori ambientale, agro-alimentare, energetico, biotecnologico e dei beni culturali.

I materiali infatti sono al centro dell'innovazione industriale e rappresentano fattori indispensabili per la competitività industriale e lo sviluppo sostenibile. Uno degli obiettivi più importanti è sviluppare materiali avanzati con nuove funzionalità e migliori prestazioni d'uso, per prodotti più competitivi e sicuri che consentano di ridurre al minimo l'impatto sull'ambiente e il consumo delle risorse.

10612108 | ANALISI E  
CONTROLLO DEI  
PROCESSI CHIMICI

2°

9

ITA

**Obiettivi formativi**

## I MODULO

L'obiettivo principale dell'insegnamento riguarda la conoscenza e l'utilizzo di metodi di analisi di processi chimici con applicazione specifica nell'analisi dei dati sperimentali ottenuti in laboratorio nella fase di caratterizzazione e ottimizzazione dei processi e dei prodotti.

## Descrittore di Dublino 1

Conoscenze di base di inferenza statistica per l'analisi dei dati (intervalli di confidenza, test d'ipotesi e analisi della varianza); conoscenze di base di progettazione della sperimentazione e analisi statistica correlata (sperimentazione fattoriale); analisi di regressione lineare univariata e multivariata.

Tali obiettivi sono raggiunti mediante erogazione di lezioni frontali in aula.

## Descrittore di Dublino 2

Utilizzare le tecniche di programmazione degli esperimenti e relativa analisi statistica dei dati; effettuare la regressione lineare e non lineare di dati sperimentali e relativa analisi statistica.

Tali obiettivi sono raggiunti mediante esercitazioni in aula al computer e alla lavagna.

## II MODULO

## A – Conoscenza e capacità di comprensione

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di conoscere e comprendere (conoscenze acquisite):

- Le problematiche legate al controllo di processi chimici, e come tali problematiche possono essere affrontate mediante la formulazione e applicazione sistematica di modelli matematici.
- Le nozioni di base necessarie per l'analisi della dinamica di sistemi
- Le principali strategie utilizzate per il controllo di processi chimici
- Le nozioni di base necessarie per la progettazione del sistema di controllo di un processo chimico.

## B – Capacità applicative

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di:

- Sviluppare, attraverso applicazione dei principi di conservazione, modelli matematici a parametri concentrati di processi chimici.
- Valutare, attraverso analisi dei modelli matematici formulati, come la dinamica di un sistema di processo cambia al variare dei parametri operativi e di progetto.
- Analizzare la dinamica di un sistema non lineare attraverso uno studio della sua linearizzazione.
- Determinare la risposta di un sistema lineare a variazioni delle variabili di ingresso.
- Configurare e dimensionare il sistema di controllo di un processo chimico.

## C – Autonomia di giudizio

- Essere in grado di formulare una propria valutazione e/o giudizio sulla base della interpretazione delle informazioni disponibili nell'ambito dell'analisi e del controllo di processi chimici.
- Essere in grado di individuare e raccogliere informazioni aggiuntive per conseguire una maggiore consapevolezza.
- Avere la capacità del saper fare, del saper prendere iniziative e decisioni tenendo conto dei vari aspetti di interesse della analisi e del controllo di processi chimici.

## D – Abilità nella comunicazione

- Saper spiegare a persone non esperte le nozioni di base della dinamica dei sistemi, e come lo sviluppo e l'applicazione di modelli matematici permetta di risolvere problemi di progettazione e controllo di processi chimici;
- Descrivere le metodologie per il controllo di processi chimici utilizzando un linguaggio tecnicamente corretto.

## E – Capacità di apprendere

- Avere le capacità di apprendimento che sono necessarie ai fini di un continuo aggiornamento nell'ambito dello studio della dinamica e del controllo di processi chimici.
- Avere la capacità di attingere a diverse fonti bibliografiche, sia in italiano che in lingua inglese, al fine di acquisire nuove competenze.

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

Lo studente sarà guidato a comprendere quali sono le molecole, i polimeri, i materiali più importanti nel settore biomedico. Dovrà saper mettere in relazione le principali proprietà chimico-fisiche e strutturali dei biomateriali con le funzioni svolte nell'organismo in relazione ai meccanismi di interazione con l'organismo stesso. Acquisirà approfondite conoscenze sui più importanti metalli, ceramiche e biopolimeri, in particolare polipeptidi e polisaccaridi, di interesse biomedico. Per una specifica problematica biomedica, dovrà essere in grado di individuare la combinazione di biomateriali più idonea alla soluzione del problema.

Lo studente svilupperà capacità critiche e di giudizio attraverso la discussione in aula degli argomenti trattati nel corso delle lezioni frontali.

Tali obiettivi saranno raggiunti per mezzo di lezioni frontali in aula adiuutate dalla visione di video esplicativi e dalla lettura di materiale bibliografico avanzato (review, esempi di brevetti, ecc).

Alla fine del corso, con le conoscenze acquisite lo studente, di concerto con altre figure professionali quali medici, biologi ed ingegneri, sarà in grado di proporre e sviluppare idee per la progettazione di un dispositivo biomedico.

La capacità di comunicare quanto appreso in modo chiaro, motivando pienamente ed in modo razionale quanto riportato, verrà valutata attraverso un esame orale.

Alla fine del corso e dopo aver sostenuto l'esame lo studente avrà acquisito la capacità di proseguire lo studio in modo fortemente autonomo su qualunque argomento, anche avanzato, che riguardi la i biomateriali ed i biopolimeri.

1032010 |  
LABORATORIO DI  
BIOPOLIMERI E  
BIOMATERIALI

2°

9

ITA

**Obiettivi formativi**

Il corso offre una panoramica aggiornata delle principali e moderne tecniche di fabbricazioni di biomateriali destinati all'ingegneria tissutale. Alcuni di essi, tra cui la stampa 3D, la microfluidica e stereolitografia laser, rappresentano alcune tra le tecniche più avanzate attualmente a disposizione. Gli studenti avranno l'opportunità di apprendere le basi tecnologiche di queste tecniche che stanno rivoluzionando sia la ricerca scientifica che la produzione industriale. In questo modo acquisteranno una consapevolezza in grado di indirizzare le loro scelte formative e professionali verso quei settori di punta sia dal punto di vista scientifico che economico ed anche occupazionale.

Questo parte più avanzata del corso non può prescindere da una buona conoscenza di base delle principali tecniche di caratterizzazione dei biopolimeri in soluzione che rappresenta il punto di partenza per la sintesi di biomateriali. Quindi una parte rilevante del corso riguarda la descrizione teorico-pratica di alcune tra le tecniche sperimentali che permettono la determinazione del peso molecolare, la caratterizzazione reologica di soluzioni e gel e delle proprietà conformazionali dei biopolimeri.

Gli studenti sono chiamati ad elaborare, presentare i dati sperimentali e a commentarli in maniera critica stilando una relazione. Questo costituisce un esercizio assai utile per gli studenti che sono in procinto di affrontare il periodo di tirocinio al termine del quale è prevista la presentazione di una tesi ed in generale per la loro carriera professionale.

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

2°

6

ITA

**2° anno****Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua**

1022453 |  
BIOTRASFORMAZIONI  
INDUSTRIALI

1°

9

ITA

**Insegnamento****Semestre****CFU****Lingua****Obiettivi formativi**

L'insegnamento di Biotrasformazioni Industriali ha l'obiettivo di fornire allo studente conoscenze fondamentali di tipo specialistico relativamente alla produzione, separazione e purificazione di prodotti di interesse biotecnologico e industriale utilizzando metodologie e strategie di sintesi biotecnologica avanzate e innovative evidenziandone problematiche e vantaggi dal punto di vista produttivo. L'obiettivo principale del corso è pertanto quello di fornire gli strumenti per comprendere a fondo i concetti di sviluppo sostenibile e sostenibilità industriale e il ruolo delle biotecnologie nella sostenibilità dei processi industriali.

Le lezioni frontali si sviluppano a partire dallo studio del mercato degli enzimi industriali e delle sue caratteristiche, per poi affrontare i nuovi strumenti biologico-molecolari per l'ottenimento di nuove attività enzimatiche, fino alla analisi di alcuni esempi di applicazioni biotecnologiche di produzioni industriali con enzimi isolati (industria della detergenza, amido, bioetanolo, industria tessile, industria alimentare (alimentazione animale e umana) e chimica fine. Successivamente si affronteranno tematiche tipiche delle bioproduzioni industriali (la cellula come fabbrica cellulare) fino alla produzione di proteine e metaboliti di interesse industriale.

Le conoscenze acquisite nel presente insegnamento, costituiscono un quadro di riferimento per le competenze successive, intese nel loro significato più ampio.

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di conoscere e comprendere (conoscenze acquisite)

- La relazione struttura-performance dei catalizzatori biologici e loro principali applicazioni tecnologiche.
- le principali trasformazioni biotecnologiche e la loro importanza dal punto di vista industriale.
- le principali tecniche di bioseparazione e purificazione dei prodotti biotecnologici
- i più recenti sviluppi della letteratura nell'ambito della biotecnologie industriali
- aspetti relativi allo studio delle principali ed attuali applicazioni di enzimi isolati (o immobilizzati) e di cellule intere nelle produzioni industriali

Gli studenti che abbiano superato l'esame saranno in grado di (competenze ed abilità acquisite):

- interpretare criticamente l'influenza delle condizioni di reazione sulla struttura ed attività (enantio e regioselettività) dei catalizzatori biologici
- comprendere la connessione con le altre aree culturali del CdS, in particolare gli aspetti della chimica analitica, chimica inorganica, chimica organica e chimica fisica.
- sviluppare la capacità di comunicare quanto appreso, attraverso prove d'esame orali.
- capacità di sviluppare lo studio autonomo attraverso l'indicazione di fonti di aggiornamento accessibili.

10612114 | SOSTANZE  
NATURALI E BIOATTIVE

1°

6

ITA

**Obiettivi formativi****Obiettivi del corso**

Le sostanze organiche biologicamente e farmacologicamente attive rappresentano un insieme, strutturalmente vario, di composti ad alto valore aggiunto e di interesse industriale. Il corso si propone di approfondirne le caratteristiche, in particolare nel caso di composti organici naturali come fonte di molecole biologicamente attive e di farmaci.

Si illustreranno le principali categorie di sostanze naturali bioattive (come fragranze, agrochimici e semiochimici, antiossidanti) e di sostanze farmacologicamente attive, insieme ad alcuni loro analoghi e derivati sintetici. Saranno anche descritte moderne metodologie per l'ottenimento di tali sostanze e dei loro derivati e alcuni casi di studio di interesse industriale.

Obiettivi generali del corso sono la conoscenza e comprensione dei principali tipi di bioattività espresse dalle molecole organiche naturali e sintetiche e della loro eventuale applicabilità industriale. Obiettivi specifici del corso saranno la conoscenza delle principali categorie di molecole bioattive e farmacologicamente attive di origine naturale e dei loro analoghi e derivati sintetici, la comprensione delle principali vie metaboliche e delle basi dell'attività farmacologica, e l'approfondimento delle metodologie sintetiche moderne per l'ottenimento, anche industriale.

Risultati di apprendimento attesi saranno la capacità di descrivere i principali percorsi metabolici che portano a sostanze naturali bioattive, la capacità di correlare bioattività e gruppi funzionali presenti, di approfondire le basi dell'attività farmacologica e delle moderne metodologie di sintesi per l'ottenimento di sostanze naturali bioattive; di descrivere gli argomenti trattati in un corretto linguaggio scientifico.

A SCELTA DELLO  
STUDENTE

1°

6

ITA

1020336 | SENSORI E  
BIOSENSORI

2°

6

ITA

Insegnamento	Semestre	CFU	Lingua
<b>Obiettivi formativi</b>			
Riconoscere i diversi componenti di un sensore			
Comprendere l'origine della selettività di sensori e biosensori			
Definire i vari sistemi di trasduzione			
Conoscere le caratteristiche dei diversi componenti biologici dei biosensori			
Dimostrare le caratteristiche dei sistemi di produzione dei sensori			
Interpretare il ruolo svolto dai nanomateriali nel funzionamento dei sensori			
Distinguere le prestazioni ed applicazioni dei vari tipi di trasduttore			
Valutare le possibilità di accoppiamento elemento sensibile/trasduttore			
Progettare la realizzazione di un sensore o biosensore per una specifica applicazione analitica			
AAF1162   ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE	2°	4	ITA
AAF1147   ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO	2°	1	ITA
AAF1029   PROVA FINALE	2°	31	ITA

## Obiettivi formativi

Il Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale della classe LM-71 si propone: di consolidare approfondimenti tematici di chimica organica, chimica fisica e chimica analitica di tipo avanzato nei loro aspetti teorici e sperimentali, con particolare attenzione verso quegli aspetti che possano essere utili allo sviluppo delle tematiche di interesse industriale specifiche del Corso di Laurea; di trattare gli aspetti più avanzati della Chimica Industriale moderna e precisamente le problematiche connesse alla salvaguardia ambientale, all'uso ottimale delle risorse, alla produzione sostenibile dell'energia ed alla sicurezza; di trattare lo sviluppo delle scienze macromolecolari con particolare riferimento alla produzione di materiali polimerici innovativi, delle sintesi organiche avanzate e applicazioni industriali di biotecnologie quali produzioni di polimeri biocompatibili e sintesi di sostanze biologicamente attive. Il corso è orientato verso la formazione di un Chimico Industriale con preparazione adeguata nelle tecnologie chimiche, nei processi, nelle tecnologie ambientali e di valorizzazione delle materie prime secondarie, nella chimica e nella chimico-fisica dei materiali, nella scienza e nella tecnologia dei polimeri, con alta professionalità nelle discipline fondamentali ed infine con competenze adeguate relative alla sicurezza del lavoro in ambito chimico. Gli obiettivi formativi saranno conseguiti sia attraverso corsi frontali che attività sperimentali in laboratori didattici dedicati. Il percorso formativo si articola in tre curricula alternativi. Ambiente, Risorse, Energia e Sicurezza (ARES), che comprende: • insegnamenti caratterizzanti (Scienze e tecnologia della catalisi, Processi di trattamento scarichi, emissioni e rifiuti, recupero di materie ed energia, Analisi e controllo dei processi chimici, Valutazione e gestione del rischio chimico, Dinamica degli inquinanti e risanamento dei siti contaminati, Sistemi di produzione e accumulo dell'energia, Metodi per lo sviluppo di processi chimici, Materiali sostenibili per l'industria e l'ambiente. • insegnamenti affini (Risorse alternative e materie prime secondarie, Biotecnologie industriali) Materiali Polimerici (MP), che comprende: • insegnamenti caratterizzanti (Sintesi Organiche, Struttura delle macromolecole, Macromolecole, Analisi e controllo dei processi chimici, Biopolimeri e biomateriali, Laboratorio di macromolecole, Metodi spettroscopici applicati, Materiali sostenibili per l'industria e l'ambiente), • insegnamenti affini (Scienza e tecnologia dei materiali polimerici, Chimica fisica dello stato solido e materiali nanostrutturati) Organico-Biotecnologico (OB), che comprende: • insegnamenti caratterizzanti (Sintesi Organiche, Macromolecole, Analisi e controllo dei processi chimici, Biopolimeri e biomateriali, Biotrasformazioni industriali, Sensori e biosensori, Sostanze naturali e bioattive, Materiali sostenibili

per l'industria e l'ambiente). • insegnamenti affini (Laboratorio di biopolimeri e biomateriali, Chimica delle fermentazioni e microbiologia industriale). Per tutti i curricula sono inoltre previsti due insegnamenti a scelta, ulteriori conoscenze linguistiche, attività di laboratorio per la preparazione della prova finale, prova finale. A sostegno dei percorsi formativi sono presenti nel Dipartimento qualificati gruppi di ricerca, riconosciuti a livello nazionale ed internazionale. Gli obiettivi formativi e i contenuti della Laurea Magistrale in Chimica Industriale e i risultati di apprendimento attesi in termini di conoscenze, capacità e comportamenti verranno valutati facendo riferimento al sistema dei descrittori europei come quello di Dublino. La quota di tempo riservata allo studio individuale è definita nel Regolamento Didattico del corso di studio.

## **Profilo professionale**

### **Profilo**

Chimico, Ricercatore Chimico

### **Funzioni**

Attività di progettazione e gestione degli impianti industriali, di ricerca e sviluppo di prodotti, materiali e processi; gestione della sicurezza industriale e ambientale, della qualità, del funzionamento degli impianti e dell'innovazione scientifica e tecnologica; conduzione di ricerche, esperimenti ed analisi su prodotti e materiali di importanza industriale al fine di migliorarne sia le proprietà che i processi di produzione, nel rispetto della sicurezza e dell'ambiente; gestione di laboratori di analisi e di controllo qualità in campo industriale; ruolo docente in ambito tecnico scientifico; ruolo di collaborazione e consulenza nella progettazione e nella realizzazione di nuovi processi produttivi o nuovi materiali per favorire il passaggio da un'economia lineare ad un'economia circolare e sostenibile; ruolo nell'individuare ed applicare metodi di indagine e formulare teorie sulla base delle osservazioni.

### **Competenze**

Capacità di innovazione scientifica e tecnologica nel campo della produzione, dei materiali innovativi, dell'energia, della sicurezza e della salvaguardia ambientale; capacità di sintesi, analisi e caratterizzazione (chimica, chimico-fisica, proprietà), di prodotti, materiali e processi innovativi e sostenibili; gestione del lavoro, della sicurezza e salvaguardia dell'ambiente; capacità di autoformazione, aggiornamento, comunicazione e disseminazione delle conoscenze; capacità di sviluppare sistemi di controllo del processo e della qualità e della produzione; capacità di caratterizzare materiali e polimeri tradizionali, innovativi e sostenibili da un punto di vista chimico, chimico fisico e meccanico.

### **Sbocchi lavorativi**

Industria chimica e imprese clienti dell'industria chimica, industria farmaceutica e alimentare, particolarmente nei settori di produzione, ricerca e sviluppo, controllo ambientale; centri di ricerca e sviluppo privati e pubblici; società di servizi e consulenza professionale pubblica e privata, previa iscrizione all'albo professionale; università, ricerca e insegnamento, accesso a corsi di dottorato di ricerca e master (in Italia o all'estero); accesso ai percorsi di formazione del personale docente per le scuole secondarie di primo e secondo grado se in possesso dei crediti previsti dalla normativa vigente.

# **Frequentare**

## **Laurearsi**

Una consistente porzione (31 CFU) dell' attività formativa della LM-71 consiste nella prova Finale che include attività sperimentale, preparazione dell'elaborato ed esposizione del lavoro effettuato. La prova finale consisterà quindi nello svolgimento di una ricerca originale effettuata sotto la direzione e responsabilità di un docente guida/relatore afferente al CAD di Chimica industriale o Scienze Chimiche che si concluderà con un elaborato, la tesi, che verrà illustrata dal candidato in una seduta pubblica e valutata da un'apposita commissione . Nel Regolamento didattico saranno indicate le modalità di svolgimento della tesi.

# Organizzazione

## Presidente del Corso di studio - Presidente del Consiglio di area didattica

Marco Petrangeli Papini

## Tutor del corso

LUISA MARIA MIGNECO  
IOLANDA FRANCOLINI  
MARIANNA VILLANO

## Manager didattico

## Rappresentanti degli studenti

Antonino Giarrizzo  
Beatrice Di Mattia  
Luca Di Leva  
Davide Principe

## Docenti di riferimento

FRANCESCA PAGNANELLI  
MARIANNA VILLANO  
MARIA ASSUNTA NAVARRA  
ANDREA MARTINELLI  
OLGA RUSSINA  
PAOLA D'ANGELO

## Regolamento del corso

NG1 Requisiti di ammissione Per l'accesso ai Corsi di Laurea Magistrale è necessario essere in possesso di 180 CFU conseguiti (entro i termini specificati dal Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo,) con un diploma di Laurea triennale o di titolo equivalente, e dei requisiti curriculari previsti dal regolamento didattico. Non è previsto un numero programmato di immatricolandi. Gli studenti che non sono in possesso di tali requisiti curriculari possono iscriversi a corsi singoli, come previsto dal Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo, e sostenere i relativi esami prima dell'iscrizione alla laurea magistrale. Potranno immatricolarsi al corso di laurea magistrale anche gli studenti che non abbiano ancora conseguito la laurea, fermo restando l'obbligo di conseguirla entro la data indicata nel Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo, del relativo anno accademico. NG2 Modalità di verifica delle conoscenze in ingresso Sono richiesti, altresì, i seguenti requisiti: almeno 78 CFU nei sottoelencati SSD ed in particolare - 12 CFU nelle discipline matematiche (MAT/01-MAT/09, INF/01), - 12 CFU nelle discipline fisiche (FIS/01-FIS/08), - 49 CFU nelle discipline chimiche (CHIM/01-06) e nelle discipline dei processi (ING-IND/25 - ING-IND/26), - 5 CFU nella biochimica (BIO/10) Dei 49 CFU richiesti nelle discipline chimiche e dei processi, almeno 24 CFU devono essere nei SSD CHIM/04 e ING-IND/25. Prima dell'inizio dei corsi, una commissione del CAD valuterà il curriculum del candidato all'iscrizione, per verificare l'adeguatezza della preparazione personale acquisita al primo livello rispetto alla formazione prevista nel biennio. In caso di possesso dei requisiti sopra riportati (valutando eventuali affinità tra SSD), l'ammissione alla Laurea Magistrale in Chimica Industriale sarà garantita in modo automatico. Gli studenti non in possesso dei crediti sopra indicati potranno essere invitati a sostenere un colloquio di verifica del possesso delle conoscenze richieste. L'eventuale colloquio si potrà svolgere, per motivi adeguatamente motivati, anche in modalità a distanza. La eventuale mancanza dei requisiti richiesti nei SSD CHIM/04 e ING-IND/25 potrà essere in parte recuperata con la presentazione di un opportuno piano di studi condiviso con la commissione del CAD. In caso di non possesso dei requisiti richiesti o di non superamento del colloquio tali studenti potranno comunque iscriversi a corsi singoli, come previsto dal Regolamento per la

frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo, e sostenerne i relativi esami in modo da recuperare i requisiti mancanti. Tale integrazione della loro preparazione sarà pregiudiziale alla successiva immatricolazione alla Laurea Magistrale di Classe LM-71, affinché essi possano inserirsi agevolmente nel percorso di studio biennale e progredirvi con successo.

### NG3 Passaggi, trasferimenti, abbreviazioni di corso, riconoscimento crediti

#### NG3.1 Passaggi e trasferimenti

Le domande di passaggio di studenti provenienti da altri corsi di laurea magistrale o specialistica della Sapienza e le domande di trasferimento di studenti provenienti da altre Università, da Accademie militari o da altri istituti militari d'istruzione superiore sono subordinate ad approvazione da parte del CAD che:

- valuta la possibilità di riconoscimento totale o parziale della carriera di studio fino a quel momento seguita, con la convalida di parte o di tutti gli esami sostenuti e degli eventuali crediti acquisiti, la relativa votazione; nel caso di passaggio fra corsi ex D.M. 270 della stessa classe vanno riconosciuti almeno il 50% dei crediti acquisiti in ciascun SSD (art. 3 comma 9 del D.M. delle classi di laurea magistrale);
- indica l'anno di corso al quale lo studente viene iscritto;
- stabilisce l'eventuale obbligo formativo aggiuntivo da assolvere;
- formula il piano di completamento per il conseguimento del titolo di studio.

Le richieste di trasferimento al corso di laurea magistrale in Chimica Industriale devono essere presentate entro le scadenze e con le modalità specificate nel Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo.

#### NG3.2 Abbreviazioni di corso

Chi è già in possesso del titolo di laurea quadriennale, quinquennale, specialistica acquisita secondo un ordinamento previgente, o di laurea magistrale acquisita secondo un ordinamento vigente e intenda conseguire un ulteriore titolo di studio può chiedere al CAD l'iscrizione ad un anno di corso successivo al primo. Le domande sono valutate dal CAD, che in proposito:

- valuta la possibilità di riconoscimento totale o parziale della carriera di studio fino a quel momento seguita, con la convalida di parte o di tutti gli esami sostenuti e degli eventuali crediti acquisiti, la relativa votazione; nel caso di passaggio fra corsi ex D.M. 270 della stessa classe vanno riconosciuti almeno il 50% dei crediti acquisiti in ciascun SSD (art. 3 comma 9 del D.M. delle classi di laurea magistrale);
- indica l'anno di corso al quale lo studente viene iscritto;
- stabilisce l'eventuale obbligo formativo aggiuntivo da assolvere;
- formula il piano di completamento per il conseguimento del titolo di studio.

Uno studente non può immatricolarsi o iscriversi ad un corso di laurea magistrale appartenente alla medesima classe nella quale ha già conseguito il diploma di laurea magistrale. Le richieste devono essere presentate entro le scadenze e con le modalità specificate nel Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo.

#### NG3.3 Criteri per il riconoscimento crediti

Possono essere riconosciuti tutti i crediti formativi universitari (CFU) già acquisiti se relativi ad insegnamenti che abbiano contenuti, documentati attraverso i programmi degli insegnamenti, coerenti con uno dei percorsi formativi previsti dal corso di laurea magistrale. Per i passaggi da corsi di studio della stessa classe è garantito il riconoscimento di un minimo del 50% dei crediti di ciascun settore scientifico disciplinare. Il CAD può deliberare l'equivalenza tra Settori scientifico disciplinari (SSD) per l'attribuzione dei CFU sulla base del contenuto degli insegnamenti ed in accordo con l'ordinamento del corso di laurea magistrale. I CFU già acquisiti relativi agli insegnamenti per i quali, anche con diversa denominazione, esista una manifesta equivalenza di contenuto con gli insegnamenti offerti dal corso di laurea magistrale possono essere riconosciuti come relativi agli insegnamenti con le denominazioni proprie del corso di laurea magistrale a cui si chiede l'iscrizione. In questo caso, il CAD delibera il riconoscimento con le seguenti modalità:

- se il numero di CFU corrispondenti all'insegnamento di cui si chiede il riconoscimento coincide con quello dell'insegnamento per cui viene esso riconosciuto, l'attribuzione avviene direttamente;
- se i CFU corrispondenti all'insegnamento di cui si chiede il riconoscimento sono in numero diverso rispetto all'insegnamento per cui esso viene riconosciuto, il CAD esaminerà il curriculum dello studente ed attribuirà i crediti, eventualmente dopo colloqui integrativi;

Il CAD può riconoscere come crediti le conoscenze e abilità professionali certificate ai sensi della normativa vigente in materia, nonché altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario alla cui progettazione e realizzazione l'Università abbia concorso. Tali crediti vanno a valere sui 12 CFU relativi agli insegnamenti a scelta dello studente. In ogni caso, il numero massimo di crediti riconoscibili in tali ambiti non può essere superiore a 18. Le attività già riconosciute ai fini dell'attribuzione di CFU nell'ambito di corso di laurea non possono essere nuovamente riconosciute nell'ambito del corso di laurea magistrale.

### NG4 Piani di completamento e percorsi formativi individuali

Ogni studente deve ottenere l'approvazione ufficiale del proprio completo percorso formativo da parte del CAD prima di poter verbalizzare esami relativi ad insegnamenti che non siano obbligatori per tutti gli studenti, pena l'annullamento dei relativi verbali d'esame. Lo studente può ottenere tale approvazione con due procedimenti diversi:

1. aderendo ad uno dei piani di completamento del percorso formativo predisposti annualmente dal CAD;
2. presentando un percorso formativo individuale che deve essere valutato dal CAD per l'approvazione.

#### NG4.1 Piani di completamento

Un piano di completamento contiene la lista di tutti gli insegnamenti previsti nel corrispondente percorso formativo, ed un apposito spazio per l'indicazione degli insegnamenti relativi ai 12 CFU a scelta dello studente. Questi ultimi possono essere scelti fra tutti quelli presenti nell'ambito dell'intera offerta formativa de La Sapienza. Il piano, debitamente compilato coi propri dati e con l'indicazione degli insegnamenti a scelta, deve essere verificato e approvato on line dal CAD. In caso negativo, lo studente è invitato a modificare la scelta degli insegnamenti. L'adesione ad un piano di completamento può essere effettuata una sola volta per ogni anno accademico.

#### NG4.2 Percorsi formativi individuali

Qualora lo

studente intenda modificare il percorso formativo proposto deve presentare un percorso individuale on line. Il percorso individuale, debitamente completato con i dati personali e con l'indicazione degli esami scelti, deve essere approvato on line dal CAD. Il percorso formativo individuale può essere presentato una sola volta per ogni anno accademico.

**NG4.3 Modifica dei piani di completamento e dei percorsi formativi individuali** Lo studente che abbia già aderito ad un piano di completamento può, in un successivo anno accademico, aderire ad un differente piano di completamento oppure proporre un percorso formativo individuale. Parimenti, lo studente al quale sia già stato approvato un percorso formativo individuale può, in un successivo anno accademico, optare per l'adesione ad un piano di completamento oppure proporre un differente percorso formativo individuale. In ogni modo, gli esami già verbalizzati non possono essere sostituiti.

**NG5 Modalità didattiche** Le attività didattiche sono di tipo convenzionale e distribuite su base semestrale. Gli insegnamenti sono impartiti attraverso lezioni ed esercitazioni in aula e attività in laboratorio, organizzando l'orario delle attività in modo da consentire allo studente un congruo tempo da dedicare allo studio personale. La durata nominale del corso di laurea magistrale è di 4 semestri, pari a due anni.

**NG5.1 Crediti formativi universitari** Il credito formativo universitario (CFU) misura la quantità di lavoro svolto da uno studente per raggiungere un obiettivo formativo. I CFU sono acquisiti dallo studente con il superamento degli esami o con l'ottenimento delle idoneità, ove previste. Il sistema di crediti adottato nelle università italiane ed europee prevede che ad un CFU corrispondano 25 ore di impegno da parte dello studente, distribuite tra le attività formative collettive istituzionalmente previste (ad es. lezioni, esercitazioni, attività di laboratorio) e lo studio individuale. Nel corso di laurea in Chimica Industriale un CFU può corrispondere ad un massimo di 8 ore di lezione, oppure a 12 ore di laboratorio o esercitazione guidata. Le schede individuali di ciascun insegnamento, consultabili sul sito web del corso di laurea, riportano la ripartizione dei CFU e delle ore di insegnamento nelle diverse attività, insieme ai prerequisiti, agli obiettivi formativi, modalità di esame e ai programmi di massima. Il carico di lavoro totale per il conseguimento della laurea è di 120 CFU. Nell'ambito del corso di laurea in Chimica Industriale la quota dell'impegno orario complessivo riservata a disposizione dello studente per lo studio personale o per altre attività formative di tipo individuale è almeno il 50% dell'impegno orario complessivo.

**NG5.2 Calendario didattico** Ogni anno di corso del biennio è articolato in due periodi didattici semestrali ciascuno di lunghezza approssimativa pari a quattordici settimane ed intervallati da una finestra temporale dedicata agli esami (gennaio-febbraio). L'inizio delle lezioni è fissato indicativamente a partire dall'ultima settimana di settembre mentre il termine del primo semestre si colloca intorno alla metà di gennaio. Il secondo semestre inizia indicativamente a partire dall'ultima settimana di febbraio per terminare verso la metà di giugno. Altre finestre temporali per gli esami sono ad aprile (sessione straordinaria), giugno, luglio, settembre e novembre (sessione straordinaria). Le lezioni ed i laboratori si svolgono di norma dal lunedì al venerdì nell'intervallo orario 8.00-19.00. Con l'introduzione della verbalizzazione elettronica gli studenti ricevono informazioni sulle date di esame attraverso l'interfaccia informatica del sistema INFOSTUD. Gli studenti accedono al sistema attraverso il loro sito dedicato <https://www.uniroma1.it/it/pagina-strutturale/studenti>, che fornisce le necessarie informazioni. Gli esami non possono svolgersi durante i due periodi didattici semestrali.

**NG5.3 Prove d'esame** La valutazione del profitto individuale dello studente, per ciascun insegnamento, viene espressa mediante l'attribuzione di un voto in trentesimi, nel qual caso il voto minimo per il superamento dell'esame è 18/30, oppure di una idoneità. Alla valutazione finale possono concorrere i seguenti elementi:

- un esame scritto, che può essere svolto alla fine del corso o distribuito su più prove (esoneri) durante il semestre;
- un esame orale;
- il lavoro svolto in autonomia dallo studente valutato dal docente.

**NG6 Modalità di frequenza, propedeuticità, passaggio ad anni successivi** La frequenza dei corsi non è obbligatoria. Poiché il corso di laurea ha carattere applicativo con attività pratiche in laboratorio è fortemente consigliato che lo studente partecipi assiduamente alle lezioni, ai laboratori ed alle eventuali prove in itinere. Qualora previsti CFU associati ad attività di laboratorio o esercitazioni numeriche, queste devono necessariamente essere svolte dallo studente per il loro riconoscimento.

**NG7 Regime a tempo parziale** I termini e le modalità per la richiesta del regime a tempo parziale nonché le relative norme sono stabilite nell'articolo 50 del Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo e sono consultabili sul sito web della Sapienza.

**NG8 Studenti fuori corso e validità dei crediti acquisiti** Ai sensi dell'art. 32 del Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo lo studente si considera fuori corso quando, avendo frequentato tutte le attività formative previste dal presente regolamento didattico, non abbia superato tutti gli esami e non abbia acquisito il numero di crediti necessario al conseguimento del titolo entro la durata normale del corso di studio. Ai sensi dell'art. 33 del Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo lo studente a tempo pieno che sia fuori corso deve superare le prove mancanti al completamento della propria carriera universitaria entro il termine di 6 anni dall'immatricolazione. Per i termini di completamento della carriera universitaria dello studente a tempo parziale si veda l'art. 50 del Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca d'Ateneo.

**NG9 Tutorato** Gli studenti del corso di laurea in Chimica Industriale possono usufruire dell'attività di tutorato svolta dai docenti indicati dal CAD e riportati sulla pagina web del corso di laurea magistrale. Gli eventuali ulteriori docenti disponibili come tutor e le modalità di tutorato verranno pubblicizzate per ciascun anno accademico sulla pagina web del corso di laurea magistrale.

**NG10 Percorsi di eccellenza** Sono istituiti percorsi di eccellenza che ogni

anno vengono regolati, relativamente al numero e alle modalità di svolgimento, da bandi di Facoltà. NG11 Prova finale Per essere ammesso alla prova finale lo studente deve aver conseguito tutti i CFU previsti dall'ordinamento didattico per le attività diverse dalla prova finale e deve aver adempiuto alle formalità amministrative previste dal Regolamento didattico di Ateneo. La prova finale consisterà nella presentazione e discussione dell'elaborato relativo ad un lavoro di ricerca originale effettuato dal candidato, la tesi, che verrà illustrata in una seduta pubblica e valutata da un'apposita Commissione costituita da sette Commissari afferenti al CAD di Chimica Industriale o di Scienze Chimiche. Il relatore è un docente afferente al CAD di Chimica Industriale o di Scienze Chimiche con la responsabilità di supervisionare scientificamente e operativamente il lavoro di tesi dello studente. Il relatore certifica la conclusione del periodo di tesi in conformità con i CFU definiti dal percorso formativo. Lo studente potrà svolgere il lavoro di Tesi anche esternamente al Dipartimento di Chimica. In questo caso sarà indicato un "relatore esterno" ma il lavoro di Tesi dovrà comunque essere supervisionato da un docente appartenente al CAD di Chimica Industriale o di Scienze Chimiche, con il ruolo di "relatore interno" che verifica la coerenza del lavoro di tesi con il percorso formativo della Laurea Magistrale in Chimica Industriale. La Commissione di Laurea deve includere il relatore, interno, e il correlatore del lavoro di tesi integrata da docenti afferenti al CAD di Chimica Industriale e di Scienze Chimiche selezionati sulla base della congruenza disciplinare con i lavori di tesi presentati. Il "relatore esterno" è invitato a partecipare alla seduta di laurea e presenta alla Commissione il proprio giudizio sullo svolgimento del lavoro di tesi da parte del candidato, ma non partecipa alla definizione del voto finale. La prova finale viene valutata dalla Commissione di Laurea. Ognuno dei Commissari può attribuire un voto compreso tra zero ed uno per la valutazione del lavoro di tesi e della sua presentazione e discussione. La Commissione ha altresì a disposizione due punti da assegnare tenuto conto degli esami superati con lode, del completamento del Corso di studi nel termine previsto, di eventuali esami conseguiti in Università estere e/o di tirocini effettuati all'estero come lavoro di tesi. Tale punteggio si sommerà alla media, espressa in centodecimi ed approssimata alla prima cifra decimale, dei voti riportati dal candidato nelle prove d'esame sostenute durante lo svolgimento del Corso di Studi. La Commissione di Laurea esprime la votazione in centodecimi e può, all'unanimità, concedere al candidato il massimo dei voti con lode qualora la somma tra la media degli esami e il punteggio della prova finale superi centodieci/cento decimi. NG12 Applicazione dell'art. 6 del regolamento studenti (R.D. 4.6.1938, N. 1269) Gli studenti iscritti al corso di laurea in Chimica Industriale, onde arricchire il proprio curriculum degli studi, secondo quanto previsto dall'Art. 6 del R.D. N.1239 del 4/6/1938, possono frequentare, ogni anno, due insegnamenti attivi di altri corsi di studio di pari livello e di medesimo ordinamento della Sapienza e sostenere gli esami corrispondenti, presentando la domanda entro il mese di febbraio di ogni anno seguendo le modalità dettagliate dall'Art.42 del Regolamento per la frequenza dei corsi di laurea e laurea magistrale e contribuzione studentesca dell'Ateneo. Gli esami, con relativa votazione, sono aggiunti alla carriera ma non concorrono al raggiungimento dei CFU previsti per il conseguimento del titolo e non fanno media. Visto il significato scientifico e culturale di tale norma, il CAD ha deliberato che tale richiesta possa essere avanzata soltanto da studenti che abbiano ottenuto almeno 12 crediti del corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale.

# Assicurazione qualità

## Consultazioni iniziali con le parti interessate

La Facoltà di SMFN il 4/4/08 ha organizzato un incontro con i rappresentanti del mondo del lavoro industriale. In questa sede sono stati presentati i risultati di un'analisi statistica sull'inserimento lavorativo dei laureati della Facoltà. Sono stati contattati i rappresentanti delle industrie per un parere sull'offerta formativa. Il CAD ha istituito un momento di verifica dell'off.F. con i rappresentanti degli studenti per un parere sulla riorganizzazione didattica. Inoltre, è stata istituita una commissione comune che interagirà con rappresentanti del mondo del lavoro. Si prevede l'istituzione di seminari, affidati a rappresentanti di industrie, che illustrino agli studenti i possibili scenari lavorativi in vari ambiti della Chimica. Nella progettazione del corso si è tenuto conto delle indicazioni emerse dalla Conferenza Nazionale dei Presidenti di CAD in Chimica e Chimica industriale. Nell'incontro finale della consultazione a livello di Ateneo del 19/1/09, considerati i risultati della consultazione telematica che lo ha preceduto, le organizzazioni intervenute hanno valutato favorevolmente la razionalizzazione dell'Offerta Formativa della Sapienza, orientata, oltre che ad una riduzione del numero dei corsi, alla loro diversificazione nelle classi che mostrano un'attrattività elevata e per le quali vi è una copertura di docenti più che adeguata. Inoltre, dopo aver valutato nel dettaglio l'Offerta Formativa delle Facoltà, le organizzazioni stesse hanno espresso parere favorevole all'istituzione dei singoli corsi.

## Consultazioni successive con le parti interessate

Il CAD organizza, attraverso l'attività della Commissione per i rapporti con le Parti Interessate, degli incontri periodici degli studenti delle Lauree triennali e magistrali di Chimica Industriale e di Chimica con le Aziende e gli ENTI operanti nei settori di interesse. Gli incontri avvengono regolarmente con cadenza biennale. Gli incontri, avvenuti il 4/12/2012, il 19/11/2014, il 15/11/2016, 23/11/2018 e il 29/03/2021 sono stati organizzati di concerto con il CAD di Chimica e la Direzione del Dipartimento di Chimica. Gli incontri consistono in una presentazione delle attività dell'Azienda/ENTE, al fine di illustrare agli studenti le opportunità lavorative, seguita da una sessione di domande degli studenti ai rappresentanti delle Aziende/ENTI. Agli incontri hanno partecipato anche i Docenti del CAD. Docenti, studenti e rappresentanti aziendali hanno interagito esprimendo una valutazione positiva sull'organizzazione dei Corsi di Studio ai fini dell'occupazione lavorativa. I rappresentanti hanno considerato favorevolmente la proposta di contribuire eventualmente alla formazione con seminari e/o partecipare a brevi cicli di lezioni di alcuni insegnamenti. I contatti tra Aziende/ENTI e la Commissione Parti Interessate prevedono anche uno scambio di informazioni sulla formazione degli studenti, anche tramite una compilazione di un questionario da parte delle Parti Interessate. Il questionario è relativo ad aspettative/esigenze formative che le Aziende/ENTI valutano nel Laureato in Chimica Industriale e in Chimica ed eventuali suggerimenti di miglioramento/adequamento della formazione. Questa prassi anticipa in parte e integra quanto comunicato dal Team Qualità con documento del 7/12/2017 (Guida alla consultazione delle Parti Interessate da parte dei Corsi di Studio). Nel corso del 2019, la Commissione Parti Interessate del CAD di Chimica Industriale si è integrata in una Commissione Parti Interessate del Dipartimento di Chimica. Il 3/12/2019 è stata formalizzata l'istituzione del Comitato di Indirizzo del Dipartimento di Chimica (Corsi di Studio di Chimica e di Chimica Industriale). La Commissione Parti Interessate si è riunita il 5/10/20, il 27/1/21 e il 5/3/21 per organizzare l'incontro degli studenti di Chimica e di Chimica industriale con le Aziende e gli Enti del settore Chimico svoltosi il 29/3/21. Il Comitato di Indirizzo dei CdS di Chimica e di Chimica Industriale si è riunito il giorno 3/12/2019 per valutare gli effetti sul CdS LM-71 in Chimica Industriale della chiusura del CdS L27 in Chimica Industriale a partire dall'anno accademico 2020/2021 con la contemporanea modifica di ordinamento del corso di studi in chimica con l'avvio del nuovo CdS L-27 in scienze Chimiche. Il Comitato di Indirizzo ha dato parere favorevole. Tra gli aspetti positivi evidenziati, il nuovo percorso formativo consentirà anche agli studenti che scelgono il percorso 'chimico' di avere una formazione 'industriale' spendibile nel mercato del lavoro e la possibilità di accesso alla LM71 di un più elevato numero di studenti senza debiti formativi. Il Comitato di Indirizzo dei CdS di Chimica e di Chimica Industriale si è riunito il giorno 1/7/2021 per affrontare tematiche volte al miglioramento dell'offerta formativa dei CdS di Chimica in relazione alle esigenze delle Parti Interessate del mondo del lavoro. In particolare è stato affrontato l'aspetto dell'acquisizione delle competenze in vari ambiti di interesse lavorativo: competenze trasversali, informatiche, normative e tecniche, nel corso della formazione universitaria. Il 27/6/2022 si è riunito il Comitato di Indirizzo (CdI) del Dipartimento di Chimica: in questa seduta è stato istituito il Comitato di Indirizzo di Chimica Industriale e sono state valutate le modifiche ordinamentali della LM-71, necessarie per integrare e raccordare il percorso formativo con la L-27 di Scienze Chimiche. In particolare sono stati forniti dei principi guida per la nuova LM-71 quali la massimizzazione dello spettro dell'offerta formativa dei tre curricula con l'inserimento di nuovi

insegnamenti, il recupero della formazione persa nella unificazione delle Lauree triennali di Chimica e di Chimica Industriale, il rinnovamento dell'offerta formativa e l'introduzione di formazione per l'indirizzamento al mondo del lavoro. La nuova LM-71 è stata rinnovata tenendo conto di questi principi. La riunione del Comitato di Indirizzo prevista per il 2024 è in fase di programmazione e si svolgerà entro il mese di giugno 2024.

## **Organizzazione e responsabilità della AQ del Cds**

Il Sistema di Assicurazione Qualità (AQ) di Sapienza è descritto diffusamente nelle Pagine Web del Team Qualità consultabili all'indirizzo <https://www.uniroma1.it/it/pagina/team-qualita>. Nelle Pagine Web vengono descritti il percorso decennale sviluppato dall'Ateneo per la costruzione dell'Assicurazione Qualità Sapienza, il modello organizzativo adottato, gli attori dell'AQ (Team Qualità, Comitati di Monitoraggio, Commissioni Paritetiche Docenti-Studenti, Commissioni Qualità dei Corsi di Studio), i Gruppi di Lavoro attivi, le principali attività sviluppate, la documentazione predisposta per la gestione dei processi e delle attività di Assicurazione della Qualità nella Didattica, nella Ricerca e nella Terza Missione. Le Pagine Web rappresentano inoltre la piattaforma di comunicazione e di messa a disposizione dei dati di riferimento per le attività di Riesame, di stesura delle relazioni delle Commissioni Paritetiche Docenti-Studenti e dei Comitati di Monitoraggio e per la compilazione delle Schede SUA-Didattica e SUA-Ricerca. Ciascun Corso di Studio e ciascun Dipartimento ha poi facoltà di declinare il Modello di Assicurazione Qualità Sapienza definito nelle Pagine Web del Team Qualità nell'Assicurazione Qualità del CdS/Dipartimento mutuandolo ed adattandolo alle proprie specificità organizzative pur nel rispetto dei modelli e delle procedure definite dall'Anvur e dal Team Qualità. Le Pagine Web di CdS/Dipartimento rappresentano, unitamente alle Schede SUA-Didattica e SUA-Ricerca, gli strumenti di comunicazione delle modalità di attuazione del Sistema di Assicurazione Qualità a livello di CdS/Dipartimento.