

## **Economics and business management [ 3204104 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** NICOLA GRECO

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi formativi**

Il corso si propone di fornire le conoscenze essenziali di economia e di management necessarie ad orizzontarsi nel mondo dei progetti, delle imprese, dei mercati

#### **CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPRENSIONE**

Il corso è strutturato con l'intento di familiarizzare lo studente con i concetti propedeutici e le conoscenze applicative necessarie alla comprensione dei processi industriali, economici, finanziari caratteristici dell'attività delle imprese industriali

#### **CAPACITA' APPLICATIVE**

Al termine del corso lo studente avrà maturato una visione olistica del mondo del Business, avrà appreso gli strumenti base per il confronto di alternative progettuali, per gli Studi di Fattibilità, per la comprensione e la redazione di Piani Industriali, per saper leggere ed interpretare gli Strumenti di Comunicazione Aziendale, i Modelli Organizzativi, i Finanziamenti, ed avrà appreso gli elementi essenziali di Matematica Finanziaria, Equivalenza Finanziaria, Capitale ed Interesse, Finanza di Progetto.

#### **AUTONOMIA DI GIUDIZIO**

L'approccio critico ai problemi e la comprensione degli elementi complessi che sovrintendono all'operato dell'Impresa che lavora "per commesse" (Project Based Enterprise") sono implementati soprattutto allo scopo di rafforzare nello studente l'autonomia di giudizio nell'affrontare contesti anche problematici

#### **ABILITA' NELLA COMUNICAZIONE**

Un modulo specifico è contenuto ed affrontato nel corso relativamente alla comunicazione orale e scritta, ai relativi principi e ed applicazioni, all'importanza del "Public Speaking", alla capacità di trattare e comunicare gli argomenti in termini chiari ed esaurienti.

#### **CAPACITA' DI APPRENDERE**

Il metodo multidisciplinare di approccio ai problemi è elemento base di una capacità crescente di apprendimento dei contenuti e dei processi proposti.

SDG's

SDG 5. Parità di genere

SDG 8. Lavoro dignitoso e crescita economica

SDG 10. Ridurre le disuguaglianze

SDG 12. Consumo e produzione responsabili

### **Prerequisiti**

Nessuno

### **Contenuti del corso**

Nozioni Base di Economia aziendale

• Impresa, Mercato, Equilibri Economici, P.I.L.

• Costi fissi e costi variabili ; costi marginali e ricavi marginali

• Elasticità

Aziende:

• Aziende Industriali: Aziende "Project based"; Stakeholders e Strumenti di comunicazione aziendale; Azionisti, Governance. Principi e modelli organizzativi.

• Elementi di Matematica finanziaria. Equivalenza Finanziaria, Tasso Interno di Rendimento. Valore Attuale Netto . Attualizzazione dei Flussi di Cassa. Rendita perpetua

• Analisi Aziendale: processi, prodotti, mercato, organizzazione; analisi economico-finanziaria.

• Valutazione delle aziende: criteri economici, criteri comparativi, criteri finanziari.

• Start up e Spin off . Acquisizioni, Fusioni e Scissioni di Aziende.

• Responsabilità delle Aziende. Codice Etico, Organismo di Vigilanza, Responsabilità Sociale. Health & Safety,

Sostenibilità.

- Le strutture di finanziamento delle Imprese e dei Progetti. Il Project Financing.
- Piani Industriali e di business.
- Competizione Internazionale. Contracting nazionale ed Internazionale. Struttura dei Contratti..Rischi Contrattuali e Garanzie. Mitigazione dei rischi.
- Collaborazione tra Aziende.
- Controversie Contrattuali.

Progetti:

- I concetti essenziali relativi ai Progetti.
- Analisi e gestione dei Rischi di Progetto
- Project Management. Project Control. Construction Management. Crisis Management.
- Valutazioni Preliminari, "information memorandum", criteri di stima e di calcolo dei costi di progetto, costo delle apparecchiature e dei materiali, costi della costruzione, costo dei prodotti e delle utilities, costo dei servizi, costi accessori, ammortamenti, analisi dei flussi di cassa, criteri di selezione delle alternative. Elementi di Planning e Scheduling.

L'ingegnere Chimico:

- Caratteristiche degli scenari lavorativi nell'industria e nei servizi, percorsi professionali. "Experts" e "Managers". Il team work.
- Case study: Valutazione analitica e preventivazione del costo di un impianto di processo.

Approfondimenti :

1. Economia

I numeri della Sostenibilità nell'ottica dell'Ingegnere Chimico

Parigi 2015 e Obbiettivi di Sostenibilità delle Nazioni Unite (17 SDG – 169 Targets ) I Fondi ESG

Le acquisizioni societarie ed il Private Equity

2. Aziende

Porter : Catena del Valore ; Modello delle 5 forze competitive ; Strumento delle 3 strategie generiche Competenze Distintive

Matrice BCG e Matrice di Ansoff

Controllo Interno e Gestione del Rischio. Internal Audit Corporate Governance

I Contratti FIDIC

3. Progetti

Schemi e Flussi delle Attività Principali :

Processo Ingegneria Procurement Costruzione Avviamento

## Metodi didattici

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche ; tra queste ultime, in particolare, il percorso di preventivazione di un impianto di Processo

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Esame scritto , seguito da prova orale.L'esame scritto consiste in un esercizio numerico , basato in genere su applicazioni di matematica finanziaria ad un problema di business, ed in 10 quiz, di cui alcuni a risposta multipla.La prova orale prevede l'approfondimento di due temi , in genere uno ascrivibile al contesto "Aziende" ed uno ascrivibile al contesto "Progetti" . Il primo tema è a scelta dello studente.Per la prova scritta è prevista una durata di 2 ore , mentre la prova orale ha una durata variabile tra 30 e 45 minuti.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Il voto, espresso in trentesimi, sarà pari alla somma del voto conseguito nella prova scritta, con un massimo di 20 / 30, e la prova orale, con un massimo di 10 /30. Per la valutazione dell'orale la comprensione dei concetti sottostanti ai vari temi sarà considerata prevalente rispetto alla completezza della trattazione, per tenere conto della relativa diversità dei contenuti dell'insegnamento rispetto al percorso didattico principale del corso di laurea, e per privilegiare la maturazione di una consapevole curiosità tematica rispetto all'apprendimento mnemonico. Durante le lezioni del corso gli studenti sono chiamati con frequenza a svolgere, anche collettivamente, esercizi applicativi al fine di verificarne conoscenza e comprensione, e capacità di applicarle.

## Testi di riferimento

Dispense e slides del docente

"Principi di economia per l'impresa" , di Mankiw, Taylor, Ashwin Ed. Zanichelli

Mintzberg H., Mintzberg on Management, The Free Press NY.

Imperatori G., Il Project Financing, Ed. Il Sole 24 Ore. Balestri G., Il Bilancio di Esercizio, Ed. HOEPLI.

La Bella A., Battistoni E., Economia ed Organizzazione Aziendale, APOGEO.

## Altre informazioni

Al termine del corso lo studente saprà identificare i fattori chiave della Creazione di Valore dell'Impresa, e comprenderne i KPI (Key Performance Indicators).Saprà interpretare gli elementi essenziali del Bilancio d' esercizio,

e potrà partecipare a teams incaricati della stesura di Studi di fattibilità e di Piani Industriali. Conoscerà gli elementi dei finanziamenti, con particolare riguardo al Project Finance, e potrà utilizzare con proprietà le formule di matematica finanziaria a ciò necessarie.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2025)	comune	9	ING-IND/35

*Stampa del 06/11/2025*

# Green chemistry and sustainability [ 3204103 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** MARCELLA TROMBETTA, MARTA BERTOLASO

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

### Modulo A: Green Chemistry

L'insegnamento introduce i temi innovativi della "Green Chemistry" che rappresenta una moderna piattaforma scientifica e tecnologica attraverso la quale sviluppare processi della chimica efficienti sia dal punto di vista chimico sia ambientale. Obiettivi formativi specifici sono come valorizzare le biomasse, minimizzare i rifiuti, l'efficientamento energetico e ambientale di un processo chimico.

Il corso ambisce a formare un Professionista che svolga le sue attività ambientando a rispondere ai seguenti Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile dell'ONU:

Obiettivo 6. Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie

Obiettivo 7. Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni

Obiettivo 8. Incentivare una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, un'occupazione piena e produttiva ed un lavoro dignitoso per tutti

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

## CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

Questo corso si pone l'obiettivo di fornire le conoscenze necessarie per reinventare la chimica al fine di ridurre l'impatto dei suoi prodotti e dei suoi processi industriali sulla salute umana e sull'ambiente.

Nel corso si evidenzieranno esempi di sviluppi di successo della chimica verde e lo Studente sarà in grado di conoscere e comprendere i concetti emergenti indispensabili per guidare la chimica verde, la tossicologia ambientale, la sostituzione di solventi e sostanze chimiche tossiche, le fonti energetiche, l'intensificazione dei processi e processi intrinsecamente sicuri, la chimica del riciclo di acqua, prodotti e materiali.

## CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso, lo Studente sarà capace di applicare i principi della chimica verde per l'innovazione dei processi industriali, per l'utilizzo di materie prime alternative, per il trattamento e riciclaggio dei rifiuti e per il trattamento e riciclo dell'acqua al fine del suo riuso. Al termine del corso, lo Studente sarà capace di classificare la pericolosità dei prodotti chimici definendo le condizioni di trasporto e di utilizzo più sicure.

### Modulo B: Sustainability

Il modulo costituisce il fondamento teoretico ed etico alle questioni di sostenibilità affrontate negli altri corsi.

Rappresenta la base su cui costruire le successive conoscenze per una valutazione critica dei processi che si implementano a vari livelli e su diverse scale (da quello molecolare a quello (eco)sistemico e sociale nel settore delle Transizioni Ecologiche, Digitali e Sociali o Organizzative).

## CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

L'obiettivo è di far apprendere e approfondire allo studente le conoscenze filosofiche, epistemologiche ed etiche di base indispensabili per l'analisi critica dei processi che si implementano per rispondere agli obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile, con un focus particolare alle applicazioni tecnologiche nei sistemi viventi.

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sui principi teorici dell'Ecologia Umana e Sostenibilità.

## CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze critiche delle Transizioni in corso (ecologiche, digitali, sociali) per la programmazione e progettazione di interventi sostenibili anche da un punto di vista sociale ed etico.

## Prerequisiti

Modulo A: Green Chemistry: conoscenze di matematica, fisica, termodinamica, chimica generale e chimica organica.

### Modulo B: Sustainability

Nessuna

## **Contenuti del corso**

### Modulo A: Green Chemistry

Sostenibilità delle materie prime e delle fonti energetiche: risorse rinnovabili e non, i 12 principi della Green Chemistry e della Green Engineering, strumenti e metodologie per la valutazione del rischio chimico, tossicologico e ambientale, progettazione ecologica di prodotti chimici, polimeri e materiali.

Acqua per l'industria, per alimentazione e farmaceutica: proprietà dell'acqua, classificazione e analisi. Requisiti e usi. Principali trattamenti delle acque industriali.

REACH, le leggi EU e la sicurezza dei prodotti chimici: tossicologia, pericolosità ed esposizione, valutazione del rischio di tossicità, tipologie di pericolo, valutazione del rischio, prevenzione, mitigazione, clean production, sostituzione di sostanze chimiche tossiche/pericolose.

HAZMAT- trasporto di prodotti chimici pericolosi: codice Kemler, Kemler-ONU, direttive e regolamenti.

Miglioramento delle prestazioni ambientali dei processi industriali esistenti: metriche ecologiche, produzione più ecologica di materie prime chimiche, di materiali e di prodotti della chimica fine dall'industria, tecnologie BAT e le direttive europee.

Energia: fonti, efficienza, sicurezza: tipologie di combustibili e loro impatto ambientale

Bioraffineria: trasformazione di materie prime convenzionali in commodity, biocatalisi, colture energetiche, biocarburanti, applicazioni biotecnologiche.

Solventi alternativi per la Green Chemistry: VOC, fluidi supercritici, liquidi ionici/eutettici, liquidi espansi gassosi, liquidi polimerici.

Riciclo meccanico, termico e chimico: normative, classificazione e trattamento dei rifiuti, principali tipologie di riciclaggio e la discarica controllata.

### Modulo B: Sustainability

Ambiente e sostenibilità: una visione integrata. Evoluzione del concetto di etica ambientale e sviluppo sostenibile.

Definizioni di sostenibilità.

Ecologia Umana e Sostenibilità: il rapporto dell'uomo con se stesso, con l'ambiente naturale e l'uso delle risorse. Gli obiettivi di tutela ambientale e il danno all'ambiente: i goals per lo Sviluppo sostenibile (SDGs).

Etica dell'innovazione: la nozione di bene comune, discussione del PNRR

Fattore umano nelle Transizioni digitali: dalle Human Enhancement Technologies alle Smart Cities e Hubquarters.

Economia Circolare e Bioeconomia: possibilità e impossibilità dell'economia circolare.

Il fattore umano nelle transizioni digitali: dalle tecnologie di potenziamento umano alle città intelligenti.

Epistemologia del One Health: verso un'integrazione dei processi. La nozione di interfacce.

Governance nella complessità e i 6 principi di sperimentazione, pensiero sistematico, partecipazione, precauzione, anticipazione e cura.

## **Metodi didattici**

### Modulo A: Green Chemistry

Lezioni frontali in presenza che spiegano i contenuti del programma del corso ed esercitazioni-tutorial che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici delle conoscenze apprese: 48 ore.

### Modulo B: Sustainability

Il corso si articola in lezioni frontali e seminari con il supporto di presentazioni PowerPoint e due ore con esercitazioni ed esercizi di autovalutazione: 24 ore.

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

### Modulo A: Green Chemistry

Le conoscenze e le abilità relative alla green chemistry saranno verificate mediante una prova a quesiti a risposta multipla da svolgersi sulla pagina dell'insegnamento della piattaforma di elearning di Ateneo.

Lo Studente dovrà rispondere in 20 minuti a 15 quesiti a risposta multipla (d'ora in poi "prova a quesiti") nei quali dovrà dimostrare di aver acquisito le capacità di:

- 1) applicare i principi della chimica verde
- 2) produrre acqua adeguata alla tipologia di applicazione industriale
- 3) saper controllare l'impatto ambientale dei processi e dei prodotti chimici
- 4) conoscere la legislazione sulla tossicità e sulla sostenibilità (REACH e leggi EU)
- 5) gestire la sicurezza, il trasporto e l'etichettatura dei prodotti chimici pericolosi
- 6) conoscere e saper utilizzare la biotrasformazione e biotecnologie
- 7) saper selezionare i solventi e le materie prime alternative per la green chemistry
- 8) conoscere e saper applicare la catalisi per la chimica sostenibile
- 9) conoscere il riciclo meccanico, termico e chimico

I 15 quesiti saranno equamente distribuiti tra i 9 punti sopra elencati.

La prova a quesiti sarà sostenuta in presenza in aula, sul proprio PC o tablet nella pagina di elearning del corso d'insegnamento alla voce "Appelli". La prova a quesiti dovrà essere svolta nel cruscotto di monitoraggio "SMOWL" che consentirà al docente di verificare l'assenza d'infrazioni, da parte di ogni singolo Studente, durante lo svolgimento della prova. Per infrazioni s'intende l'utilizzo di piattaforme d'intelligenza artificiale, o di altri siti web, per

la ricerca delle risposte ai quesiti.

Lo Studente riceverà l'esito della sua prova a quesiti come punteggio espresso in trentesimi 24 ore dopo lo svolgimento della prova stessa, poiché 24 ore sono il tempo necessario per ricevere da "SMOWL" il rapporto sull'eventuali infrazioni svolte da ogni singolo Studente. Lo Studente che avrà commesso infrazioni registrate da "SMOWL" riceverà una email dal docente con il rapporto delle infrazioni da lui eseguite e l'esame sarà dichiarato "non superato".

#### Modulo B: Sustainability

L'esame consiste in una prova orale. Sarà valutata l'acquisizione dei contenuti teorici presentati durante il corso, nonché la capacità di esporli in modo lineare e strutturato con precisione di linguaggio, come pure la capacità di applicarli ad esempi pratici.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

La valutazione dell'apprendimento prevede l'attribuzione di un voto finale espresso in trentesimi.

Il voto finale di "Green Chemistry and Sustainability" sarà la media ponderata sui CFU tra i voti conseguiti nei 2 Moduli. Il voto finale sarà registrato sul libretto elettronico dello studente.

#### Modulo A: Green Chemistry

Nella prova a quesiti:

- ogni quesito avrà 4 risposte (A, B, C, D) di cui una sola corretta;
  - per ogni quesito si potrà selezionare una sola risposta;
  - si conseguiranno 2 (due) punti per ogni risposta corretta; 0 (zero) punti per ogni risposta errata o non data;
- Ogni prova a quesiti sarà diversa dall'altra e assegnata in maniera randomizzata dal sistema. La correzione della prova a quesiti, e quindi il calcolo del punteggio conseguito che corrisponde al voto del Modulo A espresso in trentesimi, è operata dal sistema di elearning per confronto con le risposte corrette caricate sulla piattaforma stessa. Ogni Studente riceverà solo il suo esito e, pertanto, il punteggio da lui conseguito, e non il risultato degli altri Studenti presenti.

24 ore dopo il termine della prova a quesiti, oltre al punteggio conseguito, lo Studente potrà rivalutare la sua prova a quesiti verificando a quali quesiti ha risposto correttamente e a quali no, venendo a conoscenza, in questo caso, della risposta corretta.

L'esame del Modulo A sarà superato se e solo se lo Studente conseguirà un punteggio maggiore o uguale a 18/30 e il punteggio massimo conseguibile è pari a 30/30.

Agli Studenti che conseguiranno il punteggio massimo pari a 30/30 sarà data la possibilità di sostenere una prova orale, contestualmente all'esito della prova a quesiti stessa, per ambire alla Lode. Nella prova orale allo Studente sarà posto 1 quesito sul programma volto a valutare la logica seguita dallo Studente nella risoluzione del quesito, l'impiego di un linguaggio appropriato nella risposta al quesito e, altresì, l'adeguatezza della soluzione proposta in relazione alle competenze che lo Studente si presuppone abbia acquisito alla fine dell'insegnamento. Il quesito della prova orale vale 3 punti. Il voto finale del Modulo A sarà dato dai 30 punti conseguiti nella prova a quesiti alla quale saranno addizionati, o sottratti, i 3 punti conseguiti nella prova orale.

#### Modulo B: Sustainability

L'esame consiste in una prova orale con voto espresso in trentesimi e il Modulo B dell'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto del Modulo B massimo conseguibile è 30/30 e Lode.

### Testi di riferimento

#### Modulo A: Green Chemistry

Prima di ogni lezione, il Docente metterà a disposizione degli Studenti, sulla pagina del corso nella piattaforma di elearning di Ateneo <https://elearning.unicampus.it/>, delle dispense appositamente preparate sugli argomenti oggetto del programma del corso. Nelle lezioni frontali, le dispense saranno approfondite assieme utilizzando una lavagna elettronica che consentirà di salvare le eventuali integrazioni/osservazioni. Lo Studente potrà, così, rivedere e approfondire gli argomenti trattati e trasformare in conoscenza quanto appreso a lezione e in capacità e competenze quanto svolto durante le lezioni. Sempre sulla pagina del corso nella piattaforma di elearning di Ateneo sarà caricato tutto il materiale didattico necessario allo studente: dispense e normative di riferimento.

Materiale didattico consigliato per lo studio in forma autonoma da parte dello Studente interessato all'approfondimento della disciplina:

Bashir Ahmad Dar, Fayaz Ahmad Butt, Green Chemistry: A Concise Course, Kindle Edition

P.T. Anastas, J.C. Warner, Green Chemistry: Theory and Practice, Editore: Oxford Un. Press

L. Constable, D. Constable, Green Chemistry Metrics: Measuring and Monitoring Sustainable Processes, Editore: Wiley

M. Doble, A. Kumar, Green Chemistry and Engineering, Editore: Academic Press

#### Modulo B: Sustainability

Eventuali diapositive del docente e articoli saranno distribuiti durante il corso.

Materiale didattico consigliato per lo studio in forma autonoma da parte dello Studente interessato all'approfondimento della disciplina:

C. Giuliodori, P. Malavasi, Ecologia integrale, 2016

F. Manes, G. Puppi (a cura di), *La cultura ambientale per la salvaguardia della persona e delle società umane*, Libreria editrice vaticana, 2016

S. Jasanoff, A. Benessia, S. Funtowicz, *L'innovazione fra utopia e storia*, Codice Edizioni, 2010.

Bertolaso M, Marinucci A (2024) *Le questioni aperte della vita. Epistemologia della complessità*. Rubettino.

### **Altre informazioni**

Modulo A: Green Chemistry

- Comprendere le basi della chimica verde e riconoscere processi e prodotti chimici verdi
- Comprendere le considerazioni fondamentali sulle fonti energetiche alternative
- Comprendere la natura, la reattività e il destino ambientale delle sostanze chimiche organiche tossiche
- Comprendere l'importanza delle biomasse come fonte di sostanze chimiche ed energia
- Comprendere le recenti tendenze nelle questioni di settore relative alla sostenibilità e alla sicurezza con enfasi sulle normative nazionali e internazionali
- Comprendere le implicazioni sociali di alcuni problemi ambientali e le soluzioni proposte dalla chimica verde
- Capacità di applicare i principi della chimica verde
- Capacità di applicare il concetto di Inherent Safety (sicurezza intrinseca)
- Capacità di produrre acqua adeguata alla tipologia di applicazione industriale e al suo riuso
- Capacità di controllare l'impatto ambientale dei processi e dei prodotti chimici
- Comprendere e gestire la sicurezza, il trasporto e l'etichettatura dei prodotti chimici pericolosi
- Capacità di selezionare i solventi e le materie prime alternative per la green chemistry
- Capacità di utilizzare il riciclo meccanico, termico e chimico

Modulo B, Sustainability

- Conoscenza e comprensione dei concetti di "ecologia" e "sostenibilità", a vantaggio di individuo, società e ambiente nonché legame tra essere umano e ambiente, nei suoi aspetti biologici, filosofici, antropologici, storico-sociali ed economico-giuridici.
- Capacità di integrare una prospettiva ecologica e sostenibile nelle scelte di vita e professionali.
- Consapevolezza dell'autonomia nell'agire professionale, e cioè della capacità di giudizio, della prudenza e della risolutezza nell'azione, applicando i principi di "ecologia" e "sostenibilità"
- Aver acquisito abilità comunicative e relazionali necessarie per interagire nel mondo del lavoro
- Aver acquisito capacità di pensiero critico come elemento-chiave per operare professionalmente nell'ambito degli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile dell'ONU con particolare riguardo ai seguenti obiettivi:
  - Obiettivo 8. Incentivare una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, un'occupazione piena e produttiva ed un lavoro dignitoso per tutti
  - Obiettivo 11. Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili.
  - Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e consumo.
  - Obiettivo 13. Promuovere azioni a tutti i livelli per combattere il cambiamento climatico.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2025)	comune	9	CHIM/07, M-FIL/02

*Stampa del 06/11/2025*

## Impianti chimici [ 3204102 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** DIEGO BARBA

**Periodo:** Ciclo Annuale Unico

### Obiettivi formativi

Il corso si propone di fornire le conoscenze, gli strumenti teorici e le metodologie di analisi di processo per la progettazione degli impianti industriali con un approccio di sistema. L'applicabilità è infatti estesa a molti settori in cui opera l'ingegnere chimico e di processo: energetico, ambientale, delle acque, chimico, biotecnologico, farmaceutico, etc. Una specificità del corso è quella di proporre elementi di conoscenza aggiuntivi che consentano, in sede di progettazione, di tener conto del concetto di sostenibilità pensato come valore aggiunto al know-how dell'ingegnere chimico classico.

### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

L'obiettivo è di far apprendere allo studente le conoscenze ingegneristiche indispensabili per l'analisi di casi applicativi tipici dell'ingegneria chimica con un focus sulle operazioni unitarie ed i processi di separazione, includendo processi e apparecchiature basate sullo scambio di quantità di moto, di materia e di calore.

### CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate di analisi delle operazioni unitarie e di progettazione di processo indispensabili per la progettazione e l'ottimizzazione di processi industriali.

### SDGs

Obiettivo 6. Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie

Obiettivo 7. Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

Obiettivo 13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico

### Prerequisiti

nessuna

### Contenuti del corso

#### TRASFERIMENTO DI QUANTITÀ DI MOTO: macchinario d'impianto

Termodinamica applicata alle macchine, diagrammi di stato. Perdite di carico distribuite e concentrate. Curva caratteristica di un circuito. Pompe centrifughe (prevalenza, NPSH, potenza, curve caratteristiche), punto di progetto, il problema del pompaggio. Pompe in serie ed in parallelo. Compressori centrifughi ed assiali (prevalenza, potenza, curva caratteristica). Compressori multistadio inter-refrigerati. Turbine a vapore ed a gas. Schemi di processo con regolazione e controllo per l'installazione di pompe, compressori e turbine

#### TRASFERIMENTO DI CALORE: scambiatori di calore e schemi di processo

Trasferimento di calore fra fasi: fluidi in equicorrente ed in controcorrente. Coefficienti di film: convezione naturale e forzata, teoria di Nusselt per film condensanti, teoria di McAdams per film all'ebollizione. Resistenze in serie, coefficiente globale di scambio e suo andamento nel tempo: fattore di sporcamento. Equazione differenziale del trasferimento di calore e condizioni di integrabilità. Scambiatori a fascio tubiero (shell&tube). Progettazione e verifica di scambiatori con trasferimento di calore sensibile. Progettazione e verifica di scambiatori con trasferimento di calore latente di evaporazione/condensazione: ribollitori, evaporatori, condensatori. Calcolo della coibentazione. Schemi di processo con regolazione e controlli per scambiatori, condensatori ed evaporatori.

#### TRASFERIMENTO DI MATERIA: colonne bifasiche e schemi di processo

Richiami sulla cinetica del trasferimento di materia: modelli di diffusione molecolare, coefficienti di trasferimento di materia. Tipi di colonne a riempimento ed a piatti. Fluidodinamica di colonne liquido-gas a riempimento ed a piatti. Fluidodinamica di colonne liquido-liquido. Modelli di calcolo per il trasferimento di materia sia in continuo che a stadi.

Rendimento di piatto e di torre.

Distillazione- Equilibrio liquido-vapore a più componenti. Singolo stadio di equilibrio: varianza. Sistemi binari, sistemi a più componenti: metodi short-cut. Varianza e scelta dei parametri di processo.

Assorbimento- Equilibrio liquido-gas. Trasferimento di un singolo componente: caso isotermo e non isotermo. Varianza e scelta dei parametri di processo.

Estrazione liquido-liquido- Equilibri ternari: rappresentazione analitica e grafica. Singolo stadio di equilibrio: varianza. Stadi di equilibrio in controcorrente semplice e con riflusso. Varianza e scelta dei parametri di processo.

Schemi di processo con regolazione e controlli per colonne liquido-gas e liquido-liquido

## TRASFERIMENTO CONTEMPORANEO DI MATERIA E CALORE

Umidificazione e deumidificazione: Termodinamica delle miscele gas-vapore, diagramma psicrometrico

Trasferimento di calore in colonna a riempimento: Torre di raffreddamento di acqua industriale mediante aria.

Condensatore a contatto diretto in presenza di incondensabile.

Schemi di processo con regolazione e controlli per scambiatori di calore a contatto diretto

## SCHEMI DI PROCESSO TIPICI

- Colonne di distillazione in serie.
- Assorbimento e stripping.
- Distillazione estrattiva e stripping.
- Distillazione azeotropica binaria e ternaria.
- Estrazione liquido-liquido con ricircolo di estratto.
- Processo con reattore chimico.
- Processo di termovalorizzazione di rifiuti solidi.
- Processo per il mantenimento del vuoto negli impianti: sistemi di eiettori e condensatori intermedi.
- Servizi di Stabilimento (Processo di generazione e rete di distribuzione di energia termica ed elettrica: ciclo a vapore, Processo di raffreddamento e distribuzione di acqua industriale: torre di raffreddamento ad aria, Processo di raffreddamento e distribuzione di acqua refrigerata: cicli frigoriferi)

## Metodi didattici

Il Corso di Impianti Chimici è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso di Impianti Chimici sono verificate attraverso:

- una prova scritta, costituita da un esercizio progettuale, della durata di 4 ore;
- una prova orale che si svilupperà all'interno di due aree tematiche assegnate allo studente (estratte) prima del colloquio.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Il giudizio di valutazione sulle due prove (scritta ed orale) viene espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. La prova scritta, della durata di circa 4 ore, contribuirà alla determinazione del voto con un peso del 50%. La prova orale invece ha una durata media di 60' e contribuisce alla determinazione finale del voto al 50%. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico determinazione finale del voto al 50%. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico

## Testi di riferimento

- Green D.W., Perry R.H., Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Ed., Mc Graw-Hill.
- Treybal R.E., Mass Transfer Operations, Mc Graw-Hill.
- Kern D.Q., Process Heat Transfer, Mc Graw-Hill.
- Bibliografia aggiuntiva:
- Hewitt G.F., Shires G.L., Bott T.R., Process Heat Transfer, CRC Press.
- Sinnott R., Tower G., Chemical Engineering Design 5th Ed., Butterworth-Heinemann.
- Couper J.R., Penney Q.R., Fair J.R., Walas S.M., Chemical Process Equipment, Elsevier.

## Altre informazioni

• Acquisizione e comprensione delle basi teoriche e progettuali dell'analisi di processo quali fondamento della progettazione degli impianti tipici dell'industria chimica e biotecnologica, insieme agli aspetti metodologici e operativi relativi alla progettazione e al dimensionamento delle apparecchiature per l'industria di processo.

• Applicare le conoscenze di impianti chimici alla progettazione e al dimensionamento delle apparecchiature e degli impianti per l'industria di processo

• Applicare le conoscenze di impianti chimici alla progettazione degli impianti a partire dalle singole apparecchiature attraverso l'analisi del comportamento del processo al variare dei suoi principali parametri operativi, con particolare riguardo agli impianti per la generazione e distribuzione di energia elettrica/termica, reti di raffreddamento con acqua industriale e refrigerata, reti di servizio, produzione d'acqua e ai processi sostenibili volti alla riduzione di gas

climalteranti

Nel dettaglio, al termine del corso, lo studente sarà capace di:

- 1) Comprendere i fenomeni di trasporto su cui si basano i processi industriali
- 2) Applicare le equazioni di equilibrio termodinamico per l'analisi e l'ottimizzazione delle operazioni unitarie come distillazione, assorbimento, stripping, estrazione
- 3) Risolvere bilanci di materia e di energia relativi alle principali operazioni unitarie tipiche dell'ingegneria chimica (assorbimento, distillazione, estrazione,...)
- 4) Progettare le singole apparecchiature costituenti il processo
- 5) Integrare concetti termodinamici e di fenomeni di trasporto nella progettazione di processo
- 6) Rappresentare schemi di processo strumentati con bilanci di materia e di energia

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2025)	comune	9	ING-IND/25

*Stampa del 06/11/2025*

## **Inglese generale [ 32041C1 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** ADAM JAMES MARTIN, DOCENTE\_FITTIPIO DOCENTE\_FITTIPIO

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

**Syllabus non pubblicato dal Docente.**

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2025)	comune	3	L-LIN/12

*Stampa del 06/11/2025*

# Principi di ingegneria chimica [ 3204101 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** VINCENZO PIEMONTE

**Periodo:** Ciclo Annuale Unico

## Obiettivi formativi

Il corso rappresenta il fondamento culturale dell'ingegnere chimico. Rappresenta la base su cui costruire le successive conoscenze per attuare l'analisi di processo e per sviluppare la progettazione delle tecnologie e dei sistemi produttivi nei settori Ambientale, Energetico, Economia circolare, Biotecnologico, Oil&Gas, Petrolchimico, Farmaceutico ed Agroalimentare.

## CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

L'obiettivo è di far apprendere allo studente le conoscenze chimico-fisiche ed ingegneristiche di base indispensabili per l'analisi di casi applicativi tipici dell'ingegneria chimica, con focus particolare sullo sviluppo sostenibile.

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sui principi dell'ingegneria chimica

## CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate di fenomeni di trasporto e termodinamica indispensabili per la progettazione e l'ottimizzazione di processi industriali. Inoltre, l'utilizzo di simulatori di processo normalmente adoperati nelle società di ingegneria, permetterà allo studente di familiarizzare con strumenti tipici del mondo aziendale.

## SDGs

Obiettivo 6. Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie  
Obiettivo 7. Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

Obiettivo 13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico

## Prerequisiti

Nozioni di Fenomeni di Trasporto, Termodinamica degli Equilibri di Fase

## Contenuti del corso

1) Equilibri di fase: L-V, L-G, L-L: approccio  $\gamma-\phi$ ,  $\phi-\phi$ .

Teoria delle soluzioni regolari, modelli derivanti dall'espansione di Whol, modelli a composizione locale, modelli semiprevisionali.

Criteri di scelta dei modelli termodinamici e implementazione in simulatori di processo

2) Termodinamica delle superfici.

Teoria dell'adsorbimento, isoterme di adsorbimento, adsorbimento multicomponente.

Termodinamica dei processi irreversibili applicata alle membrane

3) Trasferimento di Materia.

Diffusività e legge di Fick, Convezione e Diffusione, Convezione e Reazione, Reazione e Diffusione, fattore di efficienza. Analisi adimensionale e ordini di grandezza

Bilanci macroscopici di materia, coefficienti di scambio globale, teoria del film, teoria dello strato limite, teoria della penetrazione.

Trasporto in sistemi multicomponente non diluiti: mezzo stagnante, equimolecolare contrario, leggi di Stephan-Maxwell.

Trasferimento attraverso letti adsorbenti, curve di rottura, cinetica di adsorbimento per sistemi multicomponente.

Trasferimento attraverso membrane. Modello di soluzione e diffusione (membrane dense), permeabilità idraulica (membrane porose).

4) Bilanci microscopici e macroscopici di quantità di moto, equazioni di Navier-Stokes, regimi fluidodinamici e fluidi non newtoniani. Cenni sulla turbolenza

5) Bilanci di energia, attrito viscoso

6) Bilanci accoppiati.

Bilanci di materia ed energia: leggi dell'umidificazione e deumidificazione.

Bilanci energia e quantità di moto: convezione naturale.

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche mediante utilizzo di simulatori di processo dedicati.

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

La verifica dei contenuti acquisiti avverrà attraverso un esame scritto ed orale. La prova scritta su carta consiste nello svolgimento di 2 esercizi nelle due macroaree del corso, termodinamica e fenomeni di trasporto avanzati, finalizzati alla valutazione delle capacità pratiche dello studente nel problem solving. Durante la prova scritta sarà necessario inoltre l'utilizzo di un simulatore di processo, in modo da verificare la capacità di applicazione per la soluzione di problemi complessi. L'esame orale invece mira soprattutto alla valutazione della capacità di analisi e semplificazione di problemi complessi

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Per la prova scritta, ciascun esercizio contribuirà alla determinazione del voto con un peso del 50%. La prova scritta ha una durata complessiva di 4 ore. La prova orale invece ha una durata media di 60' e contribuisce alla determinazione finale del voto al 50%.

Il voto conseguito sarà registrato su un verbale elettronico

## **Testi di riferimento**

Dispense del docente.

R.B. Bird, W.E. Stewart and E.N. Lightfoot, Transport Phenomena 2nd Ed., John Wiley & Sons.

S.I. Sandler, Chemical, Biochemical and Engineering Thermodynamics.

## **Altre informazioni**

Al termine del corso, lo Studente sarà capace di:

- 1) Analizzare sistemi chimico-fisici complessi
- 2) Comprendere la termodinamica degli equilibri di fase
- 3) Comprendere la termodinamica delle superfici
- 4) Comprendere i fenomeni di trasporto su cui si basano i processi industriali
- 5) Applicare le equazioni di equilibrio termodinamico per l'analisi e l'ottimizzazione delle operazioni unitarie come distillazione, assorbimento, stripping, estrazione
- 6) Applicare la termodinamica delle superfici per il dimensionamento di colonne di adsorbimento e moduli di separazione a membrana
- 7) Applicare i bilanci di materia, energia e quantità di moto per l'analisi e ottimizzazione di apparecchiature e processi industriali
- 8) Applicare l'analisi adimensionale dei fenomeni chimico-fisici per la determinazione dei comportamenti limite di un sistema e lo scale-up industriale
- 9) Utilizzare un simulatore di processo, normalmente in uso nelle società di progettazione, per la soluzione di problemi complessi

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2025)	comune	9	ING-IND/24

Stampa del 06/11/2025

## Processi biotech [ 3204105 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** VINCENZO PIEMONTE

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi formativi

Lo scopo del corso è quello di fornire agli allievi gli strumenti per l'analisi e la progettazione di bioreattori e dei processi up-stream e down stream che caratterizzano le biotecnologie industriali (Green e Red Biotech). Il corso, sviluppato attraverso l'integrazione dell'approccio tipico dei principi dell'ingegneria biochimica con l'analisi di processo, metterà a disposizione dell'allievo strumenti quantitativi di valutazione ed analisi dei bioreattori e dei processi biotech.

### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione dei processi Biotecnologici in ambito farmaceutico, agro-alimentare, della bioraffinazione e dell'economia circolare.

### CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate sulla progettazione di bioreattori e sull'analisi, sull'ottimizzazione e sull'innovazione di processi biotecnologici industriali. Lo studente sarà inoltre in grado di utilizzare simulatori di processo avanzati che gli permetteranno di modellare e analizzare processi complessi non convenzionali

### SDGs

Obiettivo 6. Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie

Obiettivo 7. Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

Obiettivo 13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico

### Prerequisiti

Nozioni di Fenomeni di trasporto

### Contenuti del corso

- 1) Cinetiche Enzimatiche: Cinetica di Michaelis-Menten, effetto della Temperatura, del pH, inibizione enzimatica, reazioni multi substrato e multiprodotto
- 2) Bioreattori Enzimatici: Bioreattori con enzimi liberi (batch,bioreattore ad ultrafiltrazione, bioreattore a dialisi).Tecniche di immobilizzazione ed intrappolamento enzimatico,cinetica degli enzimi immobilizzati, problemi diffusionali, efficienza enzimatica. Bioreattori tubolari con enzimi immobilizzati.
- 3) Cinetiche di crescita cellulare: Cinetica di Monod, crescita in serie ed in parallelo, fattori di resa, metaboliti primari e secondari
- 4) Bioreattori cellulari: bioreattori batch, fed-batch, fermentatori. Stabilità dei fermentatori, problema del Wash-out. Bioreattori continui aerobici ed anaerobici. Bioreattori con aggregati cellulari, concetto di ossigeno limitante. Cenni di modelli strutturati e popolazioni miste. Bioreattori con cellule ricombinanti.
- 6) Case Studies: Produzione di farmaci, produzione di biocombustibili e bioplastiche.
- 7) Cenni su Life Cycle Assessment di processi Biotech
- 8) Analisi di processo e criteri di dimensionamento di un bioreattore/fermentatore:trasferimento di materia, trasferimento di calore, agitazione meccanica ed aerazione delle colture.
- 9) Parametri di processo e criteri di controllo del bioreattore/fermentatore.
- 10) Processo di sterilizzazione: deattivazione termica dei microorganismi, sterilizzazione dei terreni di coltura, sistemi di filtrazione sterile, sterilizzazione dell'aria
- 11) Processi per il recupero e la purificazione dei prodotti: separazione della biomassa (filtrazione e centrifugazione),isolamento primario del prodotto (estrazione con solvente, adsorbimento, precipitazione, cromatografia separazione con membrane , elettroforesi)

### Metodi didattici

Le lezioni si svolgeranno attraverso una didattica frontale tesa a fornire gli elementi per l'analisi e la progettazione di bioreattori, e più in generale di processi biotecnologici, e attraverso esercitazioni, anche di gruppo, per sviluppare le capacità di lavorare in team e confrontarsi con la risoluzione di problemi reali. Verrà inoltre proposto la realizzazione, in gruppi, di progetti da presentare come parte integrante della prova di esame. Le esercitazioni si avverranno dell'utilizzo di simulatori di processo avanzati dedicati ai processi biotech.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

La verifica dei contenuti acquisiti avverrà attraverso la preparazione di un elaborato/progetto sviluppato in gruppi da massimo 4 persone che sarà il punto di partenza per le domande della prova orale. La prova pratica (progetto scritto) è finalizzata alla valutazione delle capacità pratiche dello studente nel problem solving oltre che a valutare le soft skills sviluppate durante il corso, in termini soprattutto di team building e team leader. L'esame orale invece mira soprattutto alla valutazione della capacità di analisi ed ottimizzazione di processi biotecnologici industriali

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il progetto contribuirà a determinare 1/3 del voto finale. La prova orale invece ha una durata media di 60' e contribuisce alla determinazione finale del voto per i restanti 2/3.

Il voto conseguito sarà registrato su un verbale elettronico.

### **Testi di riferimento**

Dispense del docente.

J. E. Bailey, D. F. Ollis, Biochemical engineering fundamentals, McGraw-Hill, 1986

D.Barba, F.Giacobbe, V. Piemonte, Elementi di Ingegneria di Processo Biotech, Dispense Universitarie

### **Altre informazioni**

Al termine del corso, lo Studente sarà capace di:

- 1) Comprendere le basi della cinetica enzimatica e cellulare
- 2) Progettare Bioreattori Batch, Fed-Batch, Continui tipici dell'industria Biotech
- 3) Progettare sistemi di areazione per Bioreattori aerobici
- 4) Analizzare ed ottimizzare processi biotech per la produzione di farmaci, biocombustibili, e biopolimeri
- 5) Progettare i sistemi di separazione e purificazione dei prodotti espressi nei bioreattori
- 6) Analizzare e ottimizzare processi downstream dell'industria Pharma e Biotech
- 7) Utilizzare simulatori di processo avanzanti per la realizzazione di modelli custom di processi complessi e non convenzionali

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2025)	comune	9	ING-IND/24

*Stampa del 06/11/2025*

# Processi per l'energia e l'ambiente [ 3204106 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** MAURO CAPOCELLI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso fornisce gli strumenti e le conoscenze fondamentali per l'analisi dei processi industriali nel settore della produzione di energia, dei trattamenti di effluenti liquidi e gassosi e delle utilities degli impianti industriali, il tutto facendo particolare riferimento alla minimizzazione degli impatti ambientali dei processi produttivi e alla sostenibilità degli stessi.

### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

L'obiettivo è di far apprendere allo studente le conoscenze ingegneristiche utili per l'analisi ed il basic design di casi applicativi tipici dell'ingegneria chimica di processo con un focus sulla produzione di energia e gli impianti caratteristici dell'ingegneria chimica ambientale.

### CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate di termodinamica ed analisi di processo nel settore della produzione di energia, della trasformazione di combustibili e rifiuti, del trattamento di effluenti liquidi e gassosi, del recupero di energia di scarto e delle utilities di stabilimento.

## SDGs

Obiettivo 6. Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie

Obiettivo 7. Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

Obiettivo 13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico

## Prerequisiti

nessuna

## Contenuti del corso

- INTRODUZIONE: Fabbisogno energetico, emissioni di gas serra e Sviluppo Sostenibile, Termodinamica, Processi reversibili e Processi reali
- GENERAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA e TERMICA: Schemi di processo per la generazione di energia elettrica mediante centrali termoelettriche (ciclo a vapore e turbogas, ciclo combinato), calcolo delle emissioni inquinanti, cogenerazione di energia elettrica e termica e reti di distribuzione;
- FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI (Energia Solare, Geotermica ed Eolica, etc.); Valorizzazione di Biomasse e Rifiuti, Criteri economici per la stima dei costi di produzione.
- GAS PROCESSING: Nozioni relative al trattamento delle emissioni inquinanti (trattamento di effluenti gassosi) e ai criteri di progetto degli schemi di trattamento in serie (abbattimento di NOx, SOx, PM, etc.); schemi di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica (CCS) ed integrazione degli stessi nei processi produttivi: Gas Naturale ed industria dell'idrogeno: processi di trattamento e liquefazione del gas naturale; processo di Steam reforming per la produzione di syngas e idrogeno (cenni ad altri processi per la produzione di H2); cenni ai processi di separazione criogenica (ASU). Processi di conversione termochimica di biomasse e rifiuti per la produzione di syngas, biogas e idrogeno.
- TECNOLOGIE DELLE ACQUE: Tecnologie di trattamento e riuso (chimico, fisico e biologico); cenni ai processi di dissalazione dell'acqua mare e/o di riuso (processi termici e a membrana); cenni sul tema: "Water-Energy Nexus & dual-purpose plants".
- RAFFREDDAMENTO INDUSTRIALE e CONDIZIONAMENTO: psicometria, raffreddamento con aria; cooling towers e acqua in ciclo chiuso; ciclo frigorifero ed impianti di condizionamento

## Metodi didattici

Il Corso è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche che ricoprono circa il 25% delle ore. Alcuni progetti vengono sviluppati da gruppi di tre o quattro candidati ed i risultati vengono presentati e discussi in aula dai gruppi di lavoro alla fine dell'anno. Lo studente è guidato nella costruzione di appunti comprensivi di schemi di processo e tabelle nella forma di handbook.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso sono verificate attraverso:

- una prova scritta, costituita da un esercizio progettuale, della durata di 3.5 ore basata sull'analisi quantitativa di schemi di processo per la produzione (e distribuzione/utilizzo) di energia elettrica e termica;
- una prova orale che si sviluppa sulla base della discussione del tema scritto e su due aree tematiche aggiuntive, estratte ed assegnate allo studente prima del colloquio orale.

Il giudizio di valutazione sulle due prove (scritta ed orale) viene espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e sul verbale elettronico.

## Testi di riferimento

- The Course Book & Presentations by lecturers (printed as well as available on internet sharing platforms – elearning)
- Scientific Publications by Lecturers & extracts from Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology
- M. KANOĞLU; Y. A. ÇENGEL; J. M. Cimbala, Fundamentals and Applications of Renewable Energy, 2019 McGraw Hill, New York.
- Louis Theodore. Air Pollution Control Equipment Calculations 2008 by John Wiley & Sons, Inc.
- G.Tchobanoglous, F.L. Burton, H.D. Stensel. Wastewater Engineering - treatment and reuse (4th edition) 2004 Metcalf & Eddy, Inc.

## Altre informazioni

Lo studente sviluppa una crescente capacità di apprendimento attraverso una metodologia di insegnamento che affianca alla frequenza costante delle lezioni ed esercitazioni, un'intensa attività tutoriale incentrata su esercitazioni di tipo progettuale. Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di comprendere i principi termodinamici, di analisi di processo e progettazione (basic design) nei settori dell'ingegneria di processo con focus energia ed ambiente. In particolare i risultati di apprendimento specifici sono:

- Acquisizione e comprensione delle basi teoriche e progettuali dell'analisi di processo rivolte sia al settore degli impianti di produzione di energia e di acqua, sia al settore dei processi chimici, con riferimento agli ambiti delle tecnologie per contrastare il cambiamento climatico, dell'idrogeno, dell'energia sostenibile.
- Applicare le conoscenze di impianti chimici alla progettazione degli impianti a partire dalle singole apparecchiature attraverso l'analisi del comportamento del processo al variare dei suoi principali parametri operativi, con particolare riguardo agli impianti per la generazione e distribuzione di energia elettrica/termica, reti di raffreddamento con acqua industriale e refrigerata, reti di servizio, produzione d'acqua e ai processi sostenibili volti alla riduzione di gas climalteranti

I settori di riferimento ed i casi studio affrontati sono:

- produzione di energia,
- trasformazione di combustibili e rifiuti,
- trattamento di effluenti liquidi e gassosi con particolare riferimento alla cattura di CO<sub>2</sub>,
- processi di cogenerazione, recupero di energia di scarto,
- produzione di idrogeno,
- utilities di stabilimento.

L'attività didattica è offerta in:

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2025)	Ambiente ed Energia	9	ING-IND/25

Stampa del 06/11/2025

# Product design per l'industria pharma e cosmetica [ 3204107 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** STEFANO SCIALLA

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti la conoscenza delle principali metodologie d'innovazione tecnologica e di product design, con particolare riferimento alle applicazioni farmaceutiche e cosmetiche. Ciò include la descrizione delle varie fasi di cui si compone il processo di creazione di un nuovo prodotto, che ha una struttura generale relativamente slegata dalla natura del prodotto stesso, seguita da una discussione specifica degli aspetti tecnici più rilevanti per i prodotti farmaceutici e cosmetici. Tali aspetti comprendono sia lo sviluppo e la produzione di ingredienti attivi, attraverso sintesi chimica o biotecnologie, sia la progettazione di formulazioni liquide e solide fondata sulla conoscenza dei concetti termodinamici e cinetici che sono alla base del comportamento di questi sistemi.

Come premessa per poter affrontare gli argomenti centrali dell'insegnamento, vengono anche forniti alcuni concetti chiave relativi alla chimica dei polimeri e alle loro applicazioni.

## CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

Lo studente acquisirà le conoscenze chimico-fisiche e di technology management che sono alla base, rispettivamente, della Scienza delle formulazioni e del Product Design, con particolare riferimento agli ambiti farmaceutico e cosmetico.

## CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso lo studente utilizzerà le conoscenze acquisite per elaborare un project work consistente nell'ideazione di un prodotto completamente nuovo o significativamente migliorato e di una strategia preliminare per il suo scale-up/lancio sul mercato.

## SDGs

Obiettivo 3. Assicurare la salute e il benessere per tutti e per tutte le età

Obiettivo 9. Costruire un'infrastruttura resiliente e promuovere l'innovazione ed una industrializzazione equa, responsabile e sostenibile

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

## Prerequisiti

Nessuno

## Contenuti del corso

Parte I – I polimeri

- Definizione, nomenclatura e proprietà dei polimeri
- Principali reazioni di polimerizzazione e relativi meccanismi
- Tecniche analitiche per la caratterizzazione dei polimeri
- Esempi di applicazioni dei polimeri a materiali e formulazioni

Parte II – Product design management

- Il product design management nell'industria farmaceutica e cosmetica
- Le fasi del product design:
  - a) Generazione e screening delle idee;
  - b) Il ruolo del consumatore;
  - c) Concept development;
  - d) Product development / Testing;
  - e) Scale-up e lancio sul mercato.
- Valutazione della fattibilità economica di un nuovo prodotto
- Proprietà intellettuale e brevetti
- Sostenibilità ambientale e Life Cycle Assessment

Parte III – Product e formulation design nelle applicazioni farmaceutiche e cosmetiche

- I tensioattivi
- Le emulsioni. Stabilità cinetica e termodinamica

- Reologia dei sistemi dispersi e modificatori reologici
- Formulazioni cosmetiche
- Hydrogels e nanogels
- Sviluppo di attivi farmaceutici e relative formulazioni
- Metodi per lo studio delle dimensioni delle particelle
- La qualità nell'industria pharma e cosmetica. Quality by Design

#### Laboratorio

Sessione 1) Esempi di sintesi di polimeri

Sessione 2) Cinetiche di rilascio e/o adsorbimento di attivi

Sessione 3) Realizzazione di formulazioni cosmetiche

#### Metodi didattici

Le lezioni utilizzeranno sia una didattica frontale, allo scopo di fornire le conoscenze di base necessarie per progettare un prodotto innovativo, sia esercitazioni in aula, anche di gruppo, per sviluppare capacità di problem solving applicate a case studies realistici.

Sono previsti seminari o interventi di relatori esterni provenienti dal mondo dell'industria, per illustrare esempi concreti di sviluppo di nuovi prodotti e delle metodologie utilizzate a questo scopo.

#### Modalità di verifica dell'apprendimento

La verifica delle capacità e dei contenuti acquisiti avverrà attraverso un esame orale, formato da due parti consecutive.

Parte 1: presentazione in powerpoint, della durata massima di 15 minuti, di un project work realizzato a gruppi di 2 o 3 studenti, relativo a un case study di innovazione e design di un prodotto farmaceutico o cosmetico. Il case study sarà scelto autonomamente dagli studenti e approvato dal docente. Nel project work lo studente deve dimostrare la comprensione delle criticità relative al case study prescelto e discutere la propria proposta di product design secondo i seguenti punti:

- Individuare i bisogni ancora insoddisfatti del mercato/consumatore;
- Proporre un'idea per la creazione di un nuovo prodotto o per il miglioramento di un prodotto esistente;
- Valutare la fattibilità tecnica dell'idea di prodotto attraverso dati e/o considerazioni sia qualitative che quantitative, realizzando un prototipo laddove possibile;
- Effettuare una valutazione preliminare (semiquantitativa) della fattibilità economica e della sostenibilità ambientale dell'idea di prodotto proposta.

Parte 2: due domande sugli argomenti del corso.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30.

Nella parte 1 della prova orale saranno attribuiti fino a un massimo di 10 punti. Nella parte 2 della prova orale saranno attribuiti fino a un massimo di 20 punti, così ripartiti: prima domanda fino a 10 punti, seconda domanda fino a 10 punti.

La lode sarà attribuita al candidato che dimostrerà una perfetta conoscenza degli argomenti presentati nel project work e risponderà perfettamente alle domande della parte 2, dando prova di una notevole capacità di rielaborazione dei contenuti del corso. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

#### Testi di riferimento

Dispense del docente

V.B. Patravale, J.I. Disouza, M.T. Rustomjee – “Pharmaceutical Product Development” – CRC Press (2016)

U. Brockel, W. Meier, G. Wagner – “Product Design and Engineering: Formulation of Gels and Pastes” – Wiley (2013)

D.J. am Ende – “Chemical Engineering in the Pharmaceutical Industry: R&D to Manufacturing” – Wiley (2010)

C.E. Carraher – “Polymer Chemistry” – Marcel Dekker, Inc (2003)

#### Altre informazioni

- Capacità di progettare gli elementi principali del design di un prodotto innovativo, dalla fase iniziale di generazione delle idee fino all'ingegnerizzazione e produzione industriale.
- Capacità di applicare le principali metodologie di Product Design e Scienza delle formulazioni allo sviluppo di prodotti farmaceutici e cosmetici.
- Consapevolezza dei criteri di fattibilità economica e sostenibilità ambientale applicati nella valutazione strategica di un nuovo prodotto.
- Conoscenza e comprensione dei principali processi di polimerizzazione e delle tecniche di caratterizzazione dei polimeri.

#### L'attività didattica è offerta in:

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipi corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2025)	Industria Pharma e Biotech	9	ING-IND/24, ING-IND/24

*Stampa del 06/11/2025*

## **Biomateriali per l'Industria Pharma e Biotech [ 2202249 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** SARA MARIA GIANNITELLI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi formativi**

L'insegnamento si propone di fornire allo studente gli strumenti per elaborare razionalmente dei criteri per la scelta dei materiali da impiegare in contesti applicativi tipici delle industrie farmaceutiche e biotecnologiche.

Conoscenza e capacità di comprensione

Al termine dell'insegnamento lo studente avrà acquisito conoscenze chimico/fisiche e ingegneristiche su un'ampia gamma di biomateriali sia prodotti da fonti non rinnovabili sia da matrici rinnovabili, o di riciclo.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà essere in grado di applicare in modo autonomo le conoscenze acquisite alla risoluzione di casi reali.

Il corso ambisce a formare un Professionista che svolga le sue attività ambientando a rispondere ai seguenti Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile dell'ONU:

Obiettivo 3. Assicurare la salute e il benessere per tutti e per tutte le età.

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo.

Obiettivo 13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico.

Obiettivo 14. Conservare e utilizzare in modo durevole gli oceani, i mari e le risorse marine per uno sviluppo sostenibile.

### **Prerequisiti**

Propedeuticità:

Nessuna

Prerequisiti:

- Chimica generale inorganica e organica.
- Scienza e Tecnologia dei materiali.

### **Contenuti del corso**

- Introduzione al corso: obiettivi, programma del corso, materiale didattico e modalità d'esame. I contenuti del corso sono organizzati in tre parti:

Parte A:

- Definizione e classificazione dei biomateriali: metalli e leghe, ceramici, polimeri e compositi. Proprietà dei materiali: proprietà meccaniche, termiche e di superficie.
- Metodi di trasformazione dei biomateriali: preparazione di membrane, spugne, materiali porosi, nanomateriali.
- Idrogeli polimerici: proprietà e applicazioni.
- Nanotecnologie farmaceutiche e nanomedicinali: sistemi hydrogel nano e microparticellari. Produzione e caratterizzazione di micro/nanoparticelle. Approcci microfluidici alla produzione di micro/nanomateriali. Cenni sui processi di sterilizzazione. Introduzione al rilascio controllato di farmaci.
- Organ-on-chip: caratteristiche tecnologiche e potenziali applicazioni come modello preclinico per testare l'efficacia e la tossicità dei farmaci.

Parte B:

- Prodotti "bio-based": bioplastiche, bio-chemicals e bioenergia.
- Bioplastiche e biopolimeri. Stato dell'arte e applicazioni dei biopolimeri. Materie prime rinnovabili: le diverse fonti e tipologie di biomassa.
- Recenti posizioni dell'Unione Europea sulle bioplastiche: gli orientamenti del quadro normativo.

Parte C:

- Realtà industriali impegnate nella valorizzazione delle biomasse: esempi di applicazione dei biopolimeri nel packaging.
- Start-up e realtà emergenti: attraverso case studies saranno presentate ricerche pionieristiche portate avanti dalle start-up più innovative del panorama italiano ed estero.
- Aspetti innovativi delle tematiche trattate nell'insegnamento: lettura ed elaborazione di articoli scientifici.

## **Metodi didattici**

Lezioni frontali che spiegano i contenuti del corso e ne mostrano l'applicazione a problemi specifici (75%, ca. 36 ore), seminari (5%, ca. 2 ore) ed esercitazioni di laboratorio (20%, ca. 10 ore).

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite saranno verificate mediante una prova a quesiti a risposta multipla da svolgersi sulla pagina dell'insegnamento della piattaforma di elearning di Ateneo.

Lo Studente dovrà rispondere in 20 minuti a 10 quesiti a risposta multipla nei quali dovrà dimostrare di conoscere sia i biomateriali "standard" che quelli di ultima generazione in relazione al loro potenziale utilizzo nei settori farmaceutico e delle biotecnologie e di aver acquisito la capacità di elaborare quanto appreso per scegliere il biomateriale più idoneo per una specifica destinazione d'uso.

La prova a quesiti sarà sostenuta in presenza in aula, sul proprio PC o tablet. Lo Studente riceverà l'esito della sua prova a quesiti come punteggio espresso in trentesimi solo dopo che tutti gli Studenti partecipanti alla prova l'avranno completata.

L'attività di laboratorio sarà valutata sulla base del quaderno di laboratorio che lo studente consegnerà al termine del corso. Nel quaderno dovranno essere riportate: una descrizione dell'esperienza di laboratorio, i risultati ottenuti, nonché le osservazioni personali.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale

La valutazione finale verrà effettuata tenendo conto sia delle attività svolte in laboratorio che del risultato di un esame scritto, in cui:

- ogni quesito avrà 4 risposte (A, B, C, D) di cui una sola corretta;
  - per ogni quesito si potrà selezionare una sola risposta;
  - si conseguiranno 3 (tre) punti per ogni risposta corretta; 0 (zero) punti per ogni risposta errata o non data.
- Ogni prova a quesiti sarà diversa dall'altra e assegnata in maniera randomizzata dal sistema. Al termine della prova, la Commissione sarà a disposizione degli Studenti per rivedere assieme le risposte non date o date non corrette. L'esame sarà superato se e solo se lo Studente conseguirà un punteggio maggiore o uguale a 18/30.

In caso di superamento, al voto finale sarà aggiunta la valutazione del quaderno di laboratorio che inciderà fino a un massimo di 3 punti.

## **Testi di riferimento**

Dispense del docente. Le lezioni frontali sono svolte utilizzando una lavagna elettronica che consente di salvare gli scritti e di caricarli sulla pagina del corso nella piattaforma di elearning di Ateneo (<https://elearning.unicampus.it/>) al fine di consentire allo Studente di rivedere e approfondire gli argomenti trattati e trasformare in conoscenza quanto appreso a lezione e in capacità e competenze quanto svolto durante le esercitazioni.

Materiale didattico consigliato per lo studio in forma autonoma da parte dello Studente interessato all'approfondimento della disciplina:

- Nanotechnology – An introduction. Jeremy J. Ramsden, 2nd Edition; Elsevier Editor.
- BioProducts: Green Materials for an Emerging Circular and Sustainable Economy. Edited by: Bhima R. Vijayendran.
- Aulton's Pharmaceutics: The Design and Manufacture of Medicines. Edited by: Michael E. Aulton, Kevin M. G. Taylor.

Il docente fornirà ulteriore materiale didattico sotto forma di review e articoli scientifici su argomenti specifici.

## **Altre informazioni**

Al termine del corso, lo Studente sarà capace di:

- Comprendere e predire il comportamento dei biomateriali in diversi contesti applicativi;
- Comprendere le caratteristiche dei materiali "bio-based" e i loro vantaggi sull'impatto ambientale;
- Analizzare case studies e articoli tratti dalla letteratura scientifica;
- Applicare in modo autonomo le conoscenze acquisite e selezionare i materiali da utilizzare in diversi contesti farmaceutici e biotecnologici, tenendo conto delle sostanze con i quali andranno a contatto e delle relative condizioni di processo.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Industria Pharma e Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017) Biotech		6	CHIM/07

*Stampa del 06/11/2025*

# Biotecnologie industriali e Bioraffinazione [ 2202242 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** LUISA DI PAOLA

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Lo scopo del corso è fornire agli studenti fondamenti chimico-fisici per la progettazione di processi e impianti dell'industria alimentare e farmaceutica, dai nanosistemi ai sistemi globali. La prima parte del corso fornirà gli strumenti metodologici computazionali di base per analizzare i sistemi biochimici, con un'attenzione particolare agli elementi di biochimica computazionale delle proteine nel contesto drug discovery & design. La seconda parte del corso si concentrerà sull'integrazione dei fondamenti dell'Ingegneria Chimica all'analisi delle applicazioni industriali nei campi alimentare e farmaceutico.

## CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

Il corso mira a fornire conoscenze e consapevolezza sulle applicazioni tecnologiche relative ai processi e agli impianti per l'industria alimentare e farmaceutica attraverso un approccio project-based.

## CAPACITÀ APPLICATIVE

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico all'elaborazione e comprensione dei concetti attraverso domande sui temi che risultano poco chiari. Lo studente sarà quindi in grado di applicare le conoscenze teoriche acquisite nel corso ad applicazioni pratiche nel campo delle biotecnologie industriali.

## OBIETTIVI DI SVILUPPO SOSTENIBILE

Il corso si concentrerà anche sui seguenti Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite:

Obiettivo 3: Assicurare salute e benessere per tutti a tutte le età

Obiettivo 4: Fornire un'educazione di qualità, equa e inclusiva, e opportunità di apprendimento per tutti

Obiettivo 9: Costruire un'infrastruttura resiliente, promuovere un'industrializzazione inclusiva e sostenibile e favorire l'innovazione

Obiettivo 12: Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili

Obiettivo 17: Rafforzare i mezzi di attuazione e rivitalizzare il partenariato globale per lo sviluppo sostenibile

## Prerequisiti

Nessuno.

## Contenuti del corso

Parte I – Termodinamica Molecolare e Biochimica Computazionale per il drug discovery & design

1. Elementi di Termodinamica Statistica: Definizione dei principi della termodinamica statistica (potenziali termodinamici, insiemi) per esplicitare i potenziali di interazione delle biomolecole.
2. Termodinamica Molecolare della Struttura e Funzione delle Proteine: Analisi della relazione tra struttura e funzione considerando la termodinamica molecolare, fornendo metodi quantitativi per comprendere le caratteristiche chiave dei sistemi molecolari proteici, come la stabilità e il dispiegamento.
3. Legame Proteico: La termodinamica molecolare dell'allosteria e della regolazione per analizzare i meccanismi biologici e la costruzione dei farmaci.
4. Interazioni Proteina-Proteina: Definizione delle tecniche di analisi computazionale più avanzate per i complessi multi-proteici.
5. Metodi Computazionali per la Scoperta e la Progettazione di Farmaci: Applicazioni computazionali (dinamica molecolare, docking molecolare) per il drug discovery & design.

### Part II – Fundamentals of bioprocesses

6. Fondamenti delle Separazioni a Membrana: Definizione dei fondamenti chimico-fisici per la progettazione di sistemi tecnologici a membrana, con particolare attenzione alle applicazioni nel campo biotecnologico.
7. Principi e Applicazioni della Separazione Solido-Liquido: Definizione dei fondamenti chimico-fisici della separazione solido-liquido (termodinamica degli equilibri solido-liquido, modelli cinetici), con particolare attenzione al mondo delle bioraffinerie e dei nutraceutici.
8. Purificazione tramite Cromatografia Preparativa: Fondamenti chimico-fisici della tecnologia della cromatografia per la purificazione dei composti nel settore farmaceutico.
9. Elementi di Bioraffinazione: Integrazione delle tecnologie di valorizzazione della biomassa, con particolare attenzione alle tecniche di estrazione di composti ad alto valore e alla valorizzazione energetica della biomassa residua.

## **Metodi didattici**

Le attività didattiche saranno erogate sotto forma di lezioni frontali per fornire agli studenti gli elementi chiave per l’analisi e la progettazione di processi biotecnologici. Le esercitazioni fornite durante il corso saranno dedicate alla risoluzione di casi pratici al fine di consolidare le conoscenze teoriche acquisite durante le lezioni frontali. Il metodo didattico e la verifica di apprendimento potranno subire delle modifiche nel corso dell’anno accademico in ottemperanza ai vincoli di legge.

## **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Il livello di apprendimento sarà valutato attraverso due progetti che riguarderanno argomenti relativi alle due diverse parti del corso, mirati a valutare la capacità dello studente di analizzare e progettare processi e nuovi prodotti nel campo biotecnologico partendo dalle loro caratteristiche molecolari. La valutazione dipenderà anche dalle capacità di comunicazione dello studente nello spiegare in modo chiaro ed efficace la soluzione ai casi pratici in esame. I progetti per le due parti saranno presentati e valutati considerando:

1. La solidità dell’idea alla base del progetto;
2. La corretta applicazione delle conoscenze teoriche e delle metodologie acquisite durante il corso;
3. Il livello di comunicazione della presentazione e della discussione, che deve essere il più chiaro ed efficace possibile.

I due progetti, relativi allo sviluppo di argomenti riguardanti le due parti del corso, contribuiranno in egual misura (15/30) al voto finale (massimo 30/30). Le presentazioni avranno una durata di 30 minuti + 30 minuti per domande e discussione aggiuntiva. Il voto minimo è 18/30, il massimo è 30/30 con lode.

## **Testi di riferimento**

1. J. Bailey, D.F. Ollis (1986) “Biochemical Engineering Fundamentals”, Ed. Mc Graw Hill;
2. L. Di Paola (2023) “Fundamentals of Molecular Bioengineering”, Ed. SpringerNature;
3. P.M. Doran (2013) "Bioprocess engineering principles - 2nd Ed." Ed. Academic Press.

## **Altre informazioni**

Alla fine del corso, lo studente sarà in grado di utilizzare conoscenze avanzate sulle applicazioni dei processi biotecnologici necessarie per progettare e ottimizzare processi e prodotti industriali biotecnologici innovativi. Lo studente dovrà imparare a esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l’esposizione in modo consequenziale, partendo dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l’argomento in modo completo.

Il corso perseguita i seguenti specifici obiettivi di apprendimento:

1. Comprendere il quadro generale della biotecnologia, con particolare riguardo ai contributi specifici dell’ingegneria chimica;
2. Applicare i fenomeni di trasporto e gli elementi di termodinamica per lo sviluppo e la gestione dei processi biotecnologici;
3. Acquisire nuove metodologie e competenze nel campo della biologia computazionale per applicazioni innovative nella progettazione e scoperta di farmaci;
4. Sviluppare applicazioni innovative nei campi delle bioraffinerie e farmaceutico.

## **L’attività didattica è offerta in:**

### **Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Industria Pharma e Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)Biotech		9	ING-IND/24

*Stampa del 06/11/2025*

## **Biotecnologie per l'Industria Biotech [ 2202256 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** LAURA DE GARA

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

**Syllabus non pubblicato dal Docente.**

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		6	BIO/04

*Stampa del 06/11/2025*

## **Dynamics and Control of Chemical Processes [ 2202238 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** MARCELLO DE FALCO, SIMONE GUARINO

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi formativi**

L'obiettivo del corso è fornire allo studente di Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile gli strumenti per studiare il comportamento dinamico dei processi industriali e progettare i sistemi di controllo sia delle singole apparecchiature che di impianti completi.

A partire dalla conoscenza di concetti basilari matematici e fisici quali gli operatori laplaciani, i bilanci di energia e materia, il concetto di stabilità di cicli aperti e chiusi, lo studente applicherà tali concetti allo studio dinamico delle apparecchiature industriali e all'analisi dei cicli di controllo sia feed-back sia feed-forward.

Al termine del corso, lo studente avrà tutti gli elementi per analizzare e progettare un controllore industriale.

### **CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE**

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sulla modellazione dinamica dei processi industriali e sullo sviluppo di sistemi di controllo di processo.

### **CAPACITÀ APPLICATIVE**

Al termine del corso, lo studente è in grado di:

- formulare modelli dinamici di processi industriali;
- definire le strategie di controllo;
- effettuare il tuning di controllori feedback;
- sviluppare schemi di processi strumentati.

### **AUTONOMIA DI GIUDIZIO**

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti attraverso quesiti sugli argomenti che risultassero poco chiari. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la validità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

### **ABILITÀ NELLA COMUNICAZIONE**

Lo studente dovrà apprendere come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace. Dovrà organizzare l'esposizione in modo consequenziale a partire dalle conoscenze di base richieste per sviluppare l'argomento in modo esauriente.

### **CAPACITÀ DI APPRENDERE**

Lo studente dovrà sviluppare crescente capacità di apprendere attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni ed esercitazioni, attraverso una partecipazione attiva alle stesse.

### **Prerequisiti**

Nessuna

### **Contenuti del corso**

Modulo A

Dinamica di un processo industriale: applicazioni di modelli del primo e del secondo ordine, FOPTD e SOPTD.

Modello dinamico di una colonna di distillazione: modellazione in Matlab.

Modelli empirici di apparecchiature industriali.

Valvole e attuatori.

Cicli di controllo feedback: algoritmi di controllo e tuning dei parametri, controllo di rapporto, esempi di applicazione.

Cicli di controllo feedforward: concetto di modello predittivo, algoritmi di controllo.

Modellazione in Simulink dei cicli di controllo.

Controllo di sistemi Batch.

Schemi di processo strumentati: criteri grafici per la elaborazione degli schemi e applicazioni.

Schemi di marcia.

## Modulo B

Concetto di controllo di processo e suoi obiettivi. Generalità sui sistemi di controllo.

Sistemi dinamici - Risposta dinamica, Trasformate di Laplace, Funzioni di trasferimento, Diagramma di Bode, Spazio di stato e Linearizzazione.

Tecniche di controllo di processo a retroazione di uscita e a retroazione di stato.

Il digital twin e elementi di fault detection

Sistemi di supervisione, monitoraggio e controllo: architettura e principi di funzionamento del Distributed Control System (DCS), Programmable Logic Controller (PLC), Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA); cenni sui protocolli industriali.

Elementi di cyber security per Operational Technology.

Attività di Laboratorio.

## Metodi didattici

Lezioni frontali, in cui vengono presentati gli argomenti del corso ed esercizi che ne mostrano l'applicazione a problemi specifici. Sono previste attività di laboratorio.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Le conoscenze acquisite vengono verificate mediante una prova scritta e una prova orale.

Durante la prova scritta, le conoscenze e le abilità relative allo studio dei sistemi dinamici e alla progettazione di sistemi industriali di controllo vengono verificate mediante lo svolgimento di due esercizi, entrambi relativi al modulo A.

La prova orale prevede due domande sul programma del corso, e la discussione di una tesina relativa al modulo B. La durata della prova orale è di circa 20 minuti.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:

Il voto della prova scritta è espresso in trentesimi. La prova scritta sarà superata se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30.

Il voto della prova orale è espresso in trentesimi. La prova orale è superata se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30.

Il voto finale è calcolato come media delle due votazioni.

## Testi di riferimento

D.E. Seborg, T.F. Edgar, D.A. Mellichamp, "Process Dynamics and Control", Wiley Ed.

## Altre informazioni

### Modulo A

Modellazione dinamica di processi industriali

Metodi grafici ed analitici per l'analisi parametrica di modelli empirici

Conoscenza dei sistemi di controllo feedback

Progettazione di PID e analisi di stabilità

Conoscenza dei sistemi di controllo feedforward

Analisi dinamica di processi batch

Capacità di graficare un processo con schemi strumentati

### Modulo B

Capacità di utilizzare il dominio di Laplace e le funzioni di trasferimento

Utilizzo di diagrammi per la comprensione dei comportamenti dinamici dei sistemi

Conoscenza dei concetti di DCS, PLC, SCADA

Elementi di cyber security

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		9	ING-IND/25, ING-INF/04

Stampa del 06/11/2025

## **Idrogeno e Combustibili Verdi [ 2203210 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** ALBERTO GIACONIA

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi formativi**

Il corso consente allo studente di acquisire gli elementi su cui si basano i processi di produzione dell'idrogeno e, più in generale, dei combustibili sintetici derivabili da fonti rinnovabili. Oltre alle tecnologie di produzione dell'idrogeno, verranno analizzati criticamente i processi di stoccaggio, distribuzione e utilizzo dell'idrogeno in diversi settori applicativi.

### **Prerequisiti**

Conoscenze base di chimica organica e inorganica.

### **Contenuti del corso**

Parte I: Tecnologie della catena del valore dell'idrogeno (28 ore)

Cenni storici sulla produzione, stoccaggio, distribuzione e utilizzo dell'idrogeno.

Processi di produzione dell'idrogeno: produzione da fonti fossili, cattura di CO<sub>2</sub>, produzione da biomasse, elettrolisi, cicli termochimici, foto-elettrolisi

Sistemi di stoccaggio e distribuzione dell'idrogeno.

Combustibili "green": metanazione, processi termo-catalitici di conversione di CO<sub>2</sub>, processi Fischer-Tropsch, co-elettrolisi.

Applicazioni dell'idrogeno in settori industriali "hard-to-abate", raffinazione, generazione elettrica, power-to-gas, trasporti.

Parte II: Analisi dei processi di produzione d'idrogeno (10 ore)

Integrazione con fonti rinnovabili e con utilizzatori finali, maturità dei processi e gap tecnologici, valutazioni tecno-economiche, impatto ambientale.

Parte III: Casi studio ed esercitazioni (10 ore)

Sviluppo di proposte progettuali, visite tecniche ed esperienze pratiche presso laboratori e impianti.

### **Metodi didattici**

Lezione e attività di laboratorio

Ore di lezione: 42

Ore di laboratorio: 6

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Esame orale.

L'esame del corso consiste in un test orale della durata massima di 45 min. articolato in 3 Parti:

Parte 1. Domanda riguardante le tecnologie della catena del valore dell'idrogeno.

Parte 2. Domanda riguardante l'analisi dei processi di produzione d'idrogeno.

Parte 3. Esposizione, della durata massima di 15 minuti, con presentazione in PowerPoint, di un project work realizzato da ogni singolo studente sull'analisi di un caso studio o idea progettuale.

La verifica dell'apprendimento è finalizzata a promuovere la capacità dello Studente di sostenere una discussione autonoma riguardo alle conoscenze e competenze acquisite.

### **Testi di riferimento**

Materiale didattico di supporto all'apprendimento:

Materiale fornito sotto forma di dispense e slide del docente.

Testi di consultazione:

Durante il corso saranno indicati due libri di testo per approfondimenti.

### **Altre informazioni**

- Conoscenza delle principali tecnologie di produzione, stoccaggio, distribuzione e utilizzo dell'idrogeno.
- Comprensione dei diversi meccanismi di conversione dell'energia rinnovabile (solare, eolico, biomasse, ecc.) in combustibili.
- Capacità di sviluppare, analizzare e confrontare processi di conversione di diverso tipo (eletrochimici,

termochimici, ecc.) e valutarne le potenzialità in diversi contesti applicativi.

- Capacità di valutare processi di produzione dei “solar fuels” caratterizzati da diverso livello di maturità, prevedendone criticità e potenzialità.

Capacità di presentare ed esporre le possibili soluzioni progettuali applicabili a casi reali, con adeguato linguaggio tecnico coerente con i contenuti dell'insegnamento.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		6	ING-IND/25

*Stampa del 06/11/2025*

## Impianti chimici avanzati [ 2201239 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** DIEGO BARBA

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

### Obiettivi formativi

Il corso di pone l'obiettivo di ampliare il panorama delle conoscenze nel settore di "Impianti Chimici" allargando l'orizzonte verso gli strumenti di analisi e ottimizzazione di processo mediante l'utilizzo di strumenti numerici e software di simulazione. In una prima parte vengono illustrate le strutture matematiche degli algoritmi su cui si basano gli attuali software commerciali; nella seconda fase viene affrontata la simulazione (ed una parte della progettazione) di un caso studio utilizzando software e documentazione tipica, in stretta collaborazione con una grande Società di ingegneria.

### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

L'obiettivo è di far apprendere allo studente le conoscenze ingegneristiche indispensabili per l'analisi di casi applicativi tipici dell'ingegneria chimica con un focus sull'analisi numerica, la predisposizione di algoritmi di simulazione e l'utilizzo di software commerciali tipici delle società di ingegneria.

### CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate di analisi delle operazioni unitarie e di modellazione matematica con il fine di predisporre algoritmi per la soluzione numerica di problemi tipici dell'ingegneria chimica e di utilizzare in maniera consapevole software di simulazione per l'ottimizzazione di processo ed il dimensionamento delle apparecchiature.

### Prerequisiti

no

### Contenuti del corso

Struttura matematica degli algoritmi utilizzati nei Simulatori di Processo

- Equilibri bifasici di sistemi a più componenti non ideali affrontati mediante sistemi iterativi per la ricerca di radici in equazioni non lineari
- Operazioni a stadi (distillazione, assorbimento ed estrazione liquido-liquido) per sistemi non ideali a più componenti e rappresentazione mediante l'algebra delle matrici
- Reattori ideali: il caso del "reattore di Gibbs" e reattori catalitici monodimensionali analizzato mediante integrazione di sistemi di equazioni differenziali ordinarie
- Reattore catalitico a letto fisso bidimensionale interpretato mediante equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo parabolico
- Operazione discontinua fluido-solido di adsorbimento analizzato mediante equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo iperbolico.
- Metodi di regressione matematica per la definizione di dati di equilibrio partendo da dati sperimentali e definizione dei modelli termodinamici descrittivi della non-idealità

### Sviluppo di un Progetto di Ingegneria di Processo

- Valutazione delle specifiche di progetto e criteri di sicurezza
- Utilizzo dei software di modellazione e simulazione (Excel, Matlab, Aspen, Aveva Process Simulation)
- Casi studio (Processi termochimici, dissalazione, utilities, processi criogenici, CCS,..)
- Analisi termodinamica e di processo mediante simulatore corredata da studio di sensitività
- Definizione di uno schema di processo strumentato corredata da heat & material balance
- Progettazione di alcune apparecchiature scelte e redazione dei datasheet di processo
- Redazione del report di processo e presentazione dei risultati

### Metodi didattici

Il Corso è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche. La seconda fase presenta gruppi di lavoro organizzati con ruoli tipici della società di ingegneria. Quest'ultima inoltre verificherà che il progetto venga portato avanti secondo i propri standard. Globalmente il metodo didattico è di tipo "project-based" e la metodologia di apprendimento può essere definita (soprattutto per la seconda parte del corso) con il termine "learning-by-doing".

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso sono verificate attraverso una prova orale (sulla base di due aree tematiche estratte) ed una valutazione del lavoro di gruppo, in particolare del ruolo sviluppato dal singolo studente.

### **Testi di riferimento**

- Dispense del Corso a cura del Docente e materiale didattico integrativo disponibile nelle piattaforme online
- Estratti dal libro di testo "Calcolo Elettronico nell'Ingegneria Chimica" Prof Diego Barba Edizioni Siderea
- Estratti dal libro "Separation Process Principles" di J.D. Seader; E.J. Henley

### **Altre informazioni**

- Applicare le conoscenze di impianti chimici alla progettazione e al dimensionamento delle apparecchiature e degli impianti per l'industria di processo
- Applicare le conoscenze di impianti chimici alla progettazione degli impianti a partire dalle singole apparecchiature attraverso l'analisi del comportamento del processo al variare dei suoi principali parametri operativi, con particolare riguardo agli impianti per la generazione e distribuzione di energia elettrica/termica, reti di raffreddamento con acqua industriale e refrigerata, reti di servizio, produzione d'acqua e ai processi sostenibili volti alla riduzione di gas climalteranti
- Applicare le conoscenze sul trattamento dei reagenti, sulle reazioni, di termodinamica e di analisi di processo per la formulazione e ingegnerizzazione di un prodotto dell'industria chimica oltre a svilupparne il design in modo sostenibile
- Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di comprendere i principali metodi matematici relativi alle operazioni unitarie e di comprendere ed utilizzare i software e la documentazione tipica della progettazione di processo.
- Lo studente sviluppa una crescente capacità di apprendimento attraverso una metodologia di insegnamento che affianca alla frequenza costante delle lezioni ed esercitazioni, un'intensa attività tutoriale incentrata su esercitazioni di tipo progettuale in gruppo.
- Il corso permette di comprendere la struttura di diversi software di simulazione e rendere lo studente autonomo in modo tale da poter risolvere problemi anche complessi utilizzando diversi approcci (disponibili grazie a software commerciali o realizzando soluzioni ad hoc)
- Il corso lascia ampio spazio esercitativo di gruppo (guidato ed autonomo) con il fine di stimolare lo studente a sviluppare un approccio critico e un'autovalutazione delle proprie capacità di elaborazione e presentazione dei risultati. La prova orale di esame ne rappresenta un'ulteriore verifica; essa, infatti, ricalca le caratteristiche di una presentazione aziendale e di un colloquio di lavoro presso una tipica società di ingegneria.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Ambiente ed Energia Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	6	6	ING-IND/25

*Stampa del 06/11/2025*

## **Ingegneria chimica degli organi artificiali [ 2201045 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:**

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

**Syllabus non pubblicato dal Docente.**

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	6	ING-IND/24

*Stampa del 06/11/2025*

# Laboratorio di Modellistica e Simulazione di sistemi biologici [ 2202250 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** CHRISTIAN CHERUBINI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso ha come obiettivo principale far acquisire allo studente le conoscenze ed i metodi fisico-matematici e di simulazione numerica al calcolatore che sono necessari per affrontare problematiche di rilievo per lo studio dei sistemi biologici basati anche sui fenomeni di trasporto.

SDGs:

Obiettivo 4. Fornire un'educazione di qualità, equa ed inclusiva, e opportunità di apprendimento per tutti

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

## Prerequisiti

Sono presupposte conoscenze pregresse di Analisi Matematica e di Fisica.

## Contenuti del corso

- Sistemi dinamici: generalità, flussi in una dimensione;
- Flussi bidimensionali, stabilità, sistemi conservativi e reversibili;
- Cicli limite, Biforcazioni di Hopf;
- Flussi di dimensione superiore, caos deterministico;
- Introduzione alle equazioni alle derivate parziali del 2° ordine;
- Equazione di diffusione e significato delle differenti condizioni al contorno;
- Equazione delle onde;
- Equazioni alle derivate parziali del primo ordine e sistemi di equazioni;
- Elementi di Analisi Complessa e trasformate di Fourier e di Laplace;
- Soluzione di problemi notevoli;
- Introduzione all'uso del software XPPAUT e Comsol Multiphysics;
- Applicazioni numeriche con elementi di teoria: Richiami di fenomeni di trasporto, Esperimento di Fermi-Pasta-Ulam, Modello di Lorenz; equazioni differenziali stocastiche e moto browniano; cinetica enzimatica, reazioni chimiche oscillanti; problemi di reazione e diffusione; modelli elettrofisiologici; modellizzazione di malattie infettive; modelli di crescita tumorale;

(48 ore)

## Metodi didattici

I metodi didattici del corso prevedono, nel laboratorio multimediale, delle lezioni frontali con slides ed alla LIM di teoria con delle applicazioni e delle esperienze di simulazione numerica selezionate (48 ore). Laddove necessario, il docente fornisce agli studenti del materiale supplementare attraverso la pagina del corso sulla piattaforma informatica dell'università.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

Le verifiche di apprendimento sono eseguite attraverso una prova di un'ora di durata in cui lo studente risponde in forma scritta a due domande formulate sulla base del programma dettagliato del corso messo a disposizione on line dal docente e le consegna. I membri della commissione d'esame visionano e correggono tale materiale e valutano l'acquisizione da parte dello studente dei contenuti del corso utilizzando come criteri la padronanza degli strumenti fisico-matematici necessari, il rigore nel loro utilizzo e la completezza e correttezza dell'esposizione in particolare attraverso lo svolgimento di tutti i passaggi matematici opportuni. I membri della commissione visionano e commentano poi assieme allo studente la prova scritta ed infine comunicano un voto in trentesimi.

Ad ogni domanda della prova scritta risposta è attribuito un punteggio da 0 a 15. Il punteggio complessivo è dato dalla somma dei due singoli punteggi. Tale punteggio complessivo può essere confermato o modificato a seguito della visione e commento obbligatori in sede d'esame della prova scritta assieme allo studente. L'esame si considera superato se lo studente ottiene un punteggio complessivo finale di 18/30 (la sufficienza) o superiore (fino a 30/30). In questo caso tale punteggio finale costituisce il voto d'esame, con la lode che è conferita se lo studente ha ottenuto il punteggio di 30/30 e l'esame è stato svolto in maniera esemplare. Tale voto, se accettato dallo studente, viene registrato sul libretto e su un verbale elettronico. Qualora il voto dell'esame complessivo risultasse

insufficiente, lo studente si dovrà ripresentare ad uno degli appelli successivi rispondendo nuovamente a due domande selezionate nel programma.

### **Testi di riferimento**

-Materiale messo a disposizione dal docente sulla pagina del corso su e-learning dell'Ateneo.

Testi di ulteriore consultazione per approfondimenti consigliati:

- S. Strogatz, "Nonlinear dynamics and Chaos", Westview Press; 1 edition (2001).
- J.D. Murray, "Mathematical Biology, an introduction, vol. 1 and 2", Springer (2001).
- S.J. Farlow, "Partial Differential Equations for Scientists and Engineers", Dover, (1993).
- M.R. Spiegel, "Schaum's Outline of Laplace Transforms", McGraw Hill (1965).
- N. F. Britton, "Essential Mathematical Biology", Springer (2003).
- D.S. Lemons, "An Introduction to Stochastic Processes in Physics", The John Hopkins University Press, (2002).
- J. Keener and J. Sneyd, Mathematical Physiology, Springer (1998).

### **Altre informazioni**

-conoscenza e comprensione

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione dei metodi fisico-matematici avvalendosi anche di strumenti di simulazione numerica per applicazioni nel campo dei sistemi biologici basati sullo studio dei fenomeni di trasporto. L'ottica è quella integrare le conoscenze di base acquisite con una modellazione matematica analitica e numerica avanzata quale strumento metodologico che consenta un'interpretazione quantitativa di processi. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di trattare con adeguato rigore fisico-matematico vari sistemi descritti da equazioni differenziali. Una verifica è operata attraverso la prova finale d'esame. Verranno inoltre affrontati degli esempi specifici in linea con gli obiettivi SDG.

-Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Le conoscenze fisico-matematiche acquisite vengono consolidate attraverso esempi analitici e simulazioni numeriche selezionate di fenomeni specifici. Tali capacità applicative risulteranno centrali in futuro nella fase di studio, modellazione e progettazione dei processi di trasformazione dell'industria alimentare, biotech e pharma, della produzione di energia da fonti rinnovabili e della protezione ambientale ad esempio, al fine di programmare campagne sperimentali idonee alla validazione ed implementazione. Una verifica è operata attraverso la prova finale d'esame.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	6	MAT/07

Stampa del 06/11/2025

# Materials Technology and Corrosion [ 2202241 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** FRANCESCO BASOLI

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Conoscenza e capacità di comprensione

Obiettivo del corso è fornire le basi per una corretta selezione dei materiali per applicazioni ingegneristiche, con particolare rilievo alla comprensione dei meccanismi di corrosione. Il corso si propone di fornire le conoscenze per la comprensione dei processi fondamentali di funzionamento meccanismi corrosivi nei materiali metallici. Inoltre, fornirà le conoscenze di base riguardanti le diverse forme di corrosione, nonché i metodi di prevenzione, di controllo e i principi di protezione dai fenomeni corrosivi.

Capacità applicative

Lo studente dovrà essere in grado di riconoscere la morfologia della corrosione, ed individuare basandosi sulla forma di corrosione i fattori che ne controllano l'insorgenza. Dovrà essere in grado di rilevare i meccanismi di funzionamento del processo corrosivo e valutarne i conseguenti metodi di protezione e prevenzione sia in fase di progettazione che di gestione e manutenzione.

SDGs

Il modulo si propone di contribuire al raggiungimento dei seguenti Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile dell'ONU (SDGs):

Obiettivo 6: Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie  
Obiettivo 9: Costruire un'infrastruttura resiliente e promuovere l'innovazione ed una industrializzazione equa, responsabile e sostenibile

Obiettivo 14: Conservare e utilizzare in modo durevole gli oceani, i mari e le risorse marine per uno sviluppo sostenibile

## Prerequisiti

Propedeuticità: nessuna

Prerequisiti: Conoscenze di base di chimica inorganica e organica, di matematica e di fisica.

## Contenuti del corso

Generalità (3 h):

Proprietà fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali. Classificazione dei materiali (metallici, polimerici, ceramici, compositi). Legami chimici e struttura cristallina dei materiali. Solidificazione dei metalli, policristallinità. Processi attivati termicamente (diffusione).

Proprietà meccaniche dei materiali (4 h):

Diagramma sforzo deformazione, effetto della dimensione dei grani, durezza, deformazione plastica, scorrimento a caldo, meccanica della frattura, fatica.

Materiali metallici (11 h):

Produzione di materiali metallici, metallurgia delle leghe ferrose, gli acciai, gli acciai inossidabili, le ghise, leghe non ferrose (cenni).

Corrosione e protezione dei materiali (30h):

Fondamenti elettrochimici e termodinamici della corrosione. Processi anodici e catodici. Diagrammi potenziale- pH.

Misura del potenziale di corrosione. Elettrodi di riferimento. Equazione di Nernst. Cinetica di corrosione: sovrapotenziali di attivazione e polarizzazione. Tipologie di corrosione. Verifiche di resistenza a corrosione.

Protezione anodica e catodica. Scelta dei materiali nella progettazione.

## Metodi didattici

Lezioni frontali (36h) ed esercitazioni numeriche (6h). Esercitazioni di laboratorio su problemi di elettrochimica della corrosione (6h). Come da delibera del SA del 26/04/2017, il corso sarà erogato in lingua inglese.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

La verifica dell'apprendimento consiste in una prova orale finalizzata a promuovere la capacità dello Studente di sostenere una discussione autonoma riguardo alle conoscenze e competenze acquisite durante il corso.

La prova orale è strutturata nelle seguenti tre fasi consecutive:

Fase 1: Preparazione di un elaborato su di un case study inerente alla tecnologia dei materiali e alla corrosione, concordato precedentemente con il docente.

Fase 2: Esposizione del case study, della durata massima di 15 minuti, mediante una presentazione informatica multimediale.

Fase 3: Colloquio orale per la valutazione di come lo studente ha acquisito le basi teoriche del corso, che consisterà di almeno 2 domande a complessità crescente chieste dai membri della commissione d'esame. Le domande si baseranno sul programma del corso.

Ognuna delle fasi sopra descritte darà allo studente un punteggio variabile tra 0 e 10 punti. Il voto conseguito è espresso in trentesimi (fino a 30/30 e lode) e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul verbale elettronico.

### **Testi di riferimento**

- William D. Callister Jr., David G. Rethwisch, Materials Science and Engineering: An Introduction, John Wiley & Sons
- Pietro Pedevi, Corrosion Science and Engineering, Springer Nature

Bibliografia aggiuntiva:

- Mars G. Fontana, Corrosion Engineering. McGraw-Hill
- Danny A. Jones, Principles and Prevention of Corrosion, Prentice Hall College Div
- Alberto Cigada, Tommaso Pastore, Struttura e proprietà dei materiali metallici, McGraw Hill;
- Walter Nicodemi, Metallurgia: Principi generali – Zanichelli
- Sinnott-Towler, Chemical Engineering Design, Butterworth-Heinemann.
- Dispense fornite dal Docente scaricabili dalla pagina del corso su <https://elearning.unicampus.it/>

### **Altre informazioni**

Al termine del corso, lo Studente sarà capace di:

- 1) Conoscere e comprendere la teoria e i principi fondamentali dei materiali
- 2) Conoscere le principali leghe metalliche e i metodi necessari alla loro produzione e caratterizzazione
- 3) Comprendere e prevedere il comportamento dei diversi materiali in esercizio
- 4) Comprendere e analizzare il meccanismo elettrochimico di un processo di corrosione
- 5) Comprendere, basandosi sulla forma di corrosione, i fattori che ne controllano l'insorgenza
- 6) Comprendere le condizioni termodinamiche alla base del processo di corrosione a umido
- 7) Comprendere i principi cinetici che definiscono la velocità di avanzamento del processo corrosivo
- 8) Stimare la velocità di corrosione
- 9) Definire la forma e morfologia di corrosione a cui può essere soggetto un materiale metallico in ambiente acquoso
- 10) Conoscere ed applicare i principali sistemi di prevenzione e protezione della corrosione
- 11) Valutare la riduzione di corrosione in funzione del sistema di prevenzione e protezione considerato
- 12) Raccogliere informazioni scientifiche su di un argomento specifico, identificando criticamente i dati utili alla realizzazione di una relazione, attraverso uno studio approfondito dello stato dell'arte
- 13) Esporre in modo efficace una relazione scientifica utilizzando un linguaggio e strumenti appropriati (ad esempio MS Powerpoint)

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Ambiente ed Energia Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		6	ING-IND/22

*Stampa del 06/11/2025*

## Progettazione Meccanica degli Impianti [ 2202240 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** ANTONIO GERMANA'

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

**Syllabus non pubblicato dal Docente.**

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	Ambiente ed Energia	9	ING-IND/25

*Stampa del 06/11/2025*

## **Prova finale [ 22022PF ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:**

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

**Syllabus non pubblicato dal Docente.**

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		12	PROFIN_S

*Stampa del 06/11/2025*

## Reattori Chimici [ 2202114 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** VINCENZO PIEMONTE

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

### Obiettivi formativi

Il corso rappresenta una delle basi fondanti formative dell'ingegnere chimico e della sua capacità di progettare reattori complessi in tutti gli ambiti di applicazione industriale

#### CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

Lo scopo del corso è quello di fornire agli allievi gli elementi della cinetica chimica e dei fenomeni di trasporto che caratterizzano i vari tipi di reattori industriali in modo che lo studente sia in grado di rappresentare mediante modelli matematici il comportamento dei reattori e di effettuarne il dimensionamento di processo. Il corso metterà a disposizione dell'allievo strumenti quantitativi di valutazione ed analisi dei reattori e delle loro applicazioni nei vari processi industriali.

#### CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso, lo studente è in grado di utilizzare conoscenze avanzate sul dimensionamento di reattori chimici utilizzati in diversi processi industriali, oltre all'utilizzo di simulatori avanzati per la progettazione di reattori non convenzionali.

### SDGs

Obiettivo 6. Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie

Obiettivo 7. Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

Obiettivo 13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico

### Prerequisiti

Nozioni di Fenomeni di Trasporto e Termodinamica degli equilibri di fase

### Contenuti del corso

1) Bilanci di materia e di energia per sistemi reagenti. Definizione di conversione e di grado di avanzamento di una reazione. Vincoli stechiometrici. Termodinamica dell'equilibrio chimico. Calcolo della composizione di equilibrio di sistemi reagenti omogenei ed eterogenei.

2) Cinetica chimica: definizione della velocità di reazione. Espressioni cinetiche e meccanismi di reazione. Effetto della composizione e della temperatura sulla velocità di reazione. Analisi dei dati cinetici.

3) Reattori ideali: Reattori a mescolamento perfetto e reattore tubolare con flusso a pistone. Relazioni di bilancio per reattori isotermi omogenei. Calcolo del volume del reattore. Confronto fra reattori a mescolamento perfetto e reattore tubolare. Sistemi reagenti a densità variabile: tempo di permanenza effettivo ed apparente. Problemi termici nei reattori ideali: bilanci di energia. Sistemi costituiti da più reattori. Reazioni multiple: resa e selettività.

4) Reattori non ideali: funzioni di distribuzione dei tempi di permanenza. Diagnosi delle cause di deviazione dal comportamento ideale; modellazione dei reattori reali.

5) Reattori eterogenei: cinetica chimica e diffusione nelle reazioni eterogenee. Reazioni fluido-solido: modello del nucleo reagente. Catalisi eterogenea: modelli cinetici dei meccanismi di reazione.

6) Reattori fluido-solido - Dimensionamento dei reattori fluido-solido. Reattori a letto fisso, a letto mobile ed a letto fluidizzato. Problemi di fluidizzazione: minima velocità di fluidizzazione e velocità terminale. Trasferimento di materia e di calore nei reattori a letto fluidizzato. Modelli per il calcolo della conversione nei reattori a letto fluidizzato. Applicazione ai reattori catalitici.

7) Reazioni gas-liquido - Reazioni lente, veloci ed infinitamente veloci. Calcolo dei reattori e delle apparecchiature di assorbimento con reazione.

### **Metodi didattici**

Le lezioni si svolgeranno attraverso una didattica frontale tesa a fornire gli elementi per l'analisi e la progettazione dei reattori e tramite esercitazioni, anche di gruppo, per sviluppare le capacità di lavorare in team e confrontarsi con la risoluzione di problemi reali.

Le esercitazioni si avverranno dell'utilizzo di simulatori di processo avanzati dedicati alla progettazione di reattori non convenzionali.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

La verifica dei contenuti acquisiti avverrà attraverso un esame scritto ed orale. La prova scritta su carta consiste nello svolgimento di 2 esercizi nelle due macroaree del corso, Reattori ideali e non ideali, finalizzati alla valutazione delle capacità pratiche dello studente nel problem solving. L'esame orale invece mira soprattutto alla valutazione della capacità di analisi e semplificazione di problemi complessi

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Per la prova scritta, ciascun esercizio contribuirà alla determinazione del voto con un peso del 50%. La prova scritta ha una durata complessiva di 4 ore. La prova orale invece ha una durata media di 60' e contribuisce alla determinazione finale del voto al 50%.

Il voto conseguito sarà registrato su un verbale elettronico

### **Testi di riferimento**

Dispense del docente.

L.Marrelli, Reattori Chimici Vol.1 e Vol.2, Ed. Efesto,

O.Levenspiel, Ingegneria delle Reazioni Chimiche, Ed. Ambrosiana.

S. Fogler, Elements of Chemical Reaction Engineering, Prentice Hall.

### **Altre informazioni**

Al termine del corso, lo Studente sarà capace di:

- 1) Comprendere le basi della cinetica chimica e dei fenomeni di trasporto indispensabili per la progettazione dei reattori chimici
- 2) Comprendere il funzionamento dei reattori ideali e distinguerli da quelli non ideali
- 3) Comprendere i meccanismi della catalisi eterogenea
- 4) Comprendere gli effetti termici e diffusionali nella catalisi eterogenea
- 5) Applicare le conoscenze di reattoristica chimica per la progettazione di reattori CSRT, BSTR, PFR sia ideali che non ideali
- 6) Progettare Reattori L/G, L/S, G/S nelle tipologie industrialmente più utilizzate
- 7) Ottimizzare e fare lo scale-up di reattori industriali
- 8) Utilizzare simulatori di processo avanzati per la progettazione di reattori non convenzionali

### **L'attività didattica è offerta in:**

#### **Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		9	ING-IND/24

Stampa del 06/11/2025

## **Safety of chemical plants [ 2202258 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** GIORGIO ZERBONI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi formativi**

Il corso si propone l'obiettivo di fornire una chiara e dettagliata visione di come si tiene conto della sicurezza in tutte le varie fasi della realizzazione di un impianto chimico, dagli studi di fattibilità fino all'avviamento e all'esercizio dell'impianto. Inoltre, il corso intende fornire allo studente la capacità di valutazione dei rischi sulla base delle probabilità di accadimento e della gravità delle conseguenze, e la conoscenza delle tecniche di analisi, prevenzione e mitigazione. Particolare attenzione viene data all'aspetto progettuale ed impiantistico, attraverso l'analisi dei criteri di sicurezza che si adottano sia in fase di progettazione di processo che in fase di progettazione esecutiva ("safety by design")

**Conoscenze e capacità di comprensione:** Grazie alla analisi dettagliata delle modalità di realizzazione di un impianto di processo, svolta nella prima parte del corso, lo studente acquisirà non solo le competenze delle modalità di analisi, prevenzione e mitigazione dei rischi, ma anche le basi per le altre possibili specializzazioni dell'ingegnere chimico, oltre a quella della sicurezza, nei settori del project management, della qualità e del risparmio energetico.

### **Capacità applicative**

L'analisi delle situazioni di rischio, estesa a tutte le fasi della realizzazione e dell'esercizio dell'impianto, e delle relative misure di prevenzione, permetterà allo studente l'individuazione dei rischi e la valutazione delle relative probabilità di accadimento e della gravità delle conseguenze di un evento indesiderato lungo l'intero ciclo di vita dell'impianto, e di applicare opportunamente i metodi di prevenzione e mitigazione

### **Autonomia di giudizio**

Grazie alla conoscenza del metodo di analisi di rischio più adatto ad ogni specifica circostanza, e delle tecniche di prevenzione e di mitigazione, lo studente verrà stimolato a valutare con proprio giudizio le condizioni che possono creare l'insorgere di situazioni di pericolo, e valutare come affrontarle.

### **Abilità nella comunicazione**

Lo studente viene stimolato al dialogo in relazione a specifiche situazioni operative e quindi a porre quesiti e formulare risposte in modo convincente

### **Capacità di apprendere**

La caratteristica del corso, basato sulla conoscenza delle modalità operative nelle varie fasi del ciclo di vita di un impianto, nonché delle più frequenti cause di malfunzionamento, faciliterà da parte dello studente l'inquadramento di una potenziale situazione di rischio, anche non analizzata in precedenza, e di proporre una risposta progettuale od operativa appropriata.

### **Prerequisiti**

Per un proficuo apprendimento dei temi del corso, è necessaria una buona conoscenza delle basi di progettazione e del funzionamento delle apparecchiature di processo degli impianti chimici.

### **Contenuti del corso**

1. Le fasi della realizzazione degli impianti: gli studi di fattibilità, il know how nell'industria chimica, brevetti e basic design; la progettazione di processo e la progettazione esecutiva, approvvigionamento e fabbricazione delle apparecchiature e dei materiali, la costruzione, i collaudi, l'avviamento e le marce di prova. Il revamping di impianti esistenti.
2. La sicurezza durante gli studi di fattibilità: la valutazione dell'impatto ambientale; l'analisi preliminare del rischio tecnologico, l'autorizzazione all'esercizio di un impianto, le normative europee ed internazionali in tema di impatto ambientale e sicurezza
3. La sicurezza durante la progettazione : il significato di sicurezza intrinseca; la sicurezza nella elaborazione delle planimetrie, sia generali che di area; la strumentazione e i sistemi di controllo ( DCS e SCADA ), i criteri e i

coefficienti di sicurezza nel dimensionamento meccanico delle apparecchiature : sollecitazioni dovute alla pressione interna, alla pressione esterna, alla spinta del vento e ai carichi sismici; la classificazione elettrica delle aree, i componenti di sicurezza : valvole di sicurezza : semplici, bilanciate e con pilota, dischi di rottura, valvole di respirazione, interruttori di fiamma; i sistemi di raccolta sfiati e di torcia, le tenute a baderna e le tenute meccaniche ; i generatori di emergenza e i sistemi di continuità ( UPS ), il review del modello 3D e della costruibilità; i sistemi di fermata di emergenza ( ESD ).

Le analisi di rischio in fase di progettazione, di esercizio e di manutenzione ( HazOp, LOPA, albero dei guasti, analisi delle avarie , albero degli eventi, QRA, Bow -tie , What if )

4. La sicurezza in fase di fabbricazione e trasporto di apparecchiature e materiali: il programma di fabbricazione, il piano qualità, il programma di ispezioni e collaudi. Le Direttive europee di prodotto (PED, EN 13445, Macchine, ATEX ); le saldature : i procedimenti di saldatura, le qualifiche dei procedimenti e dei saldatori; ispezioni e collaudi , i controlli non distruttivi, il trasporto dalle officine al cantiere e le norme Incoterms.

5. La sicurezza in fase di costruzione: costruzione in aree vergini o ampliamento di complessi industriali esistenti; piano operativo di sicurezza; le analisi geotecniche; i sollevamenti pesanti , i "lifting plan" e i mezzi di sollevamento; tracciabilità, marcatura e identificazione dei materiali ;permessi di lavoro, lavori a caldo ; collegamenti dei nuovi impianti con quelli in funzione ("tie-in"); i disegni "come costruito"; la gestione e l'analisi degli incidenti ; i "quasi incidenti ", l'assistenza sanitaria in un Cantiere, l'addestramento del personale di costruzione.

6. La sicurezza in fase di avviamento: le ispezioni finali, la distribuzione delle utilities, le prove di tenuta, la verifica dei circuiti di controllo preparazione dei sistemi antincendio e di allarme; il caricamento dei "chemicals" e dei catalizzatori; la bonifica con gas inerti; il "pre-start up safety review", l'addestramento del personale di esercizio dell'impianto; i simulatori di processo, le fermate di emergenza e piani di evacuazione.

7. Esercizi sulle analisi dei rischi tecnologici; esempi di fermata di emergenza.

### **Metodi didattici**

L'insegnamento viene svolto sulla base di lezioni frontali, in cui vengono illustrati gli argomenti del corso con l'ausilio di presentazioni in power point.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

L'attenzione degli allievi viene mantenuta viva con il riferimento a casi specifici mentre l'apprendimento viene verificato con la partecipazione alla soluzione di problemi progettuali ed operativi. Le conoscenze e le capacità relative alla sicurezza degli impianti chimici sono verificate mediante una prova orale, basata su 3 diversi argomenti, della durata complessiva di circa 40'.

Il voto conseguito è espresso in trentesimi e l'esame sarà superato se e solo se si conseguirà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

### **Testi di riferimento**

Libri di testo :

- Giorgio Zerboni: Fasi della realizzazione degli impianti chimici; Edizioni Efesto, edizione Ottobre 2020
- Giorgio Zerboni: La sicurezza nella realizzazione degli impianti di processo; Edizioni Efesto, edizione Gennaio 2021
- Giorgio Zerboni : Esercizi di analisi di rischio tecnologico, Edizioni Efesto, Febbraio 2022

Inoltre, i files con la presentazione in power point in lingua inglese vengono trasmessi agli studenti al termine delle lezioni relative a ciascuna sezione del corso.

### **Altre informazioni**

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di conoscere ed applicare, nelle varie fasi di realizzazione di un impianto, i principi e le normative di sicurezza ( europee ed internazionali ) specifici di dette fasi o di verificarne la corretta applicazione. Sarà inoltre in grado di utilizzare le appropriate metodologie di prevenzione e mitigazione, di applicare le tecniche di analisi di rischio specifiche dell'impiantistica di processo e di effettuare una valutazione delle soluzioni adottate o da adottare per garantire un adeguato livello di sicurezza in tutte le fasi della realizzazione, dalla progettazione all' esercizio dell'impianto.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		6	ING-IND/25

*Stampa del 06/11/2025*

## **Security and safety of chemical plants [ 2202257 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** GIORGIO ZERBONI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

**Syllabus non pubblicato dal Docente.**

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		6	ING-IND/25

*Stampa del 06/11/2025*

## **Sensori chimici per l'Industria Pharma e Biotech [ 2202255 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** MARCO SANTONICO

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi formativi**

Fornire una panoramica dei principi di funzionamento dei sensori per grandezze chimiche e biologiche. Definire i parametri che consentono di valutare le prestazioni dei sensori e i criteri generali per l'uso di sensori in circuiti elettronici. Approfondire i meccanismi di funzionamento in particolari contesti applicativi di sensori chimici e biosensori. Introdurre all'utilizzo di tecniche di analisi dati multivariata e di sistemi multisensoriali.

SDGs

Obiettivo 9. Costruire un'infrastruttura resiliente e promuovere l'innovazione ed una industrializzazione equa, responsabile e sostenibile

Obiettivo 12. Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

Obiettivo 13. Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico

### **Prerequisiti**

Conoscenze di base di matematica, fisica e chimica generale. Tali conoscenze si ritengono acquisite nel corso della laurea triennale.

### **Contenuti del corso**

Docente: Prof. Marco Santonico  
(4CFU-32 ore)

Classificazione dei sensori e parametri fondamentali. Curva di risposta; sensibilità; rumore; risoluzione; selettività; specificità; riproducibilità. Principi di trasduzione. Cenni sull'elettronica di interfaccia per sensori. Interazione solido-gas e solido-liquido, sensori di grandezze chimiche in atmosfera e in soluzione. Biosensori. Analisi dei trasduttori di base per sensori chimici e biosensori: chemFET, sensori acustici, sensori ottici, sensori a variazione di conducibilità. Caratterizzazione di soluzioni tramite sensori voltammetrici. Sistemi multisensoriali. Introduzione alla analisi dati multivariata. Rappresentazione analitica dei dati, calibrazione e regressione. Cenni di statistica e di regressione statistica. Matrici di dati: Multiple Linear Regression, Principal Component Analysis, Principal Component Regression, Partial Least Square.

Docente: Prof. Vincenzo Piemonte  
(2CFU-16 ore)

Utilizzo di sensori chimici per il monitoraggio dei reflui industriali nel settore Red e Green Biotech; valutazione del Biohazard in impianti per la produzione di biocombustibili; determinazione di VOCs in effluenti gassosi; array di sensori per il monitoraggio dell'ossigenazione in bioreattori cellulari

### **Metodi didattici**

Il corso prevede lezioni teoriche in aula. Sono previste inoltre attività di laboratorio, mediante le quali lo studente avrà modo di applicare alcuni dei sensori visti durante lo studio teorico a casi specifici.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:  
Esame orale.

Lo studente dovrà dimostrare una adeguata conoscenza e capacità di comprensione degli aspetti teorico pratici che sono alla base dei sensori chimici. La verifica dell'apprendimento sarà basata su 3 domande riguardanti l'analisi e lo studio relativo ad argomenti sui sensori chimici e loro applicazioni.

Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale:  
L'esame risulterà superato se la preparazione dello studente sarà almeno pari a 18/30. Il voto di esame oltre alla padronanza degli argomenti previsti dal programma del corso acquisita dallo studente, considererà anche la proprietà di linguaggio, la capacità di collegamento degli argomenti trattati in sede di esame con le tematiche più generali oggetto del corso di studi. La lode verrà attribuita agli studenti che avranno conseguito una votazione superiore a 30.

**Testi di riferimento**

Materiale fornito dal docente

**Altre informazioni**

Conoscenza e capacità di comprensione

Il corso fornirà allo studente le conoscenze dei fondamenti, riconosciuti a livello internazionale, che attengono i sensori per grandezze chimiche, biologiche e fisiche, con l'intendimento di inferire una profonda comprensione dei meccanismi che stanno alla base del loro funzionamento.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

L'allievo dovrà conoscere gli aspetti teorico-scientifici della disciplina trattata nel corso e, attraverso questi, essere in grado di identificare e risolvere, con contributi progettuali originali, problemi legati a casi reali.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		6	ING-INF/01

*Stampa del 06/11/2025*

## **Sensors and measurements in environmental monitoring [ 2202253 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** DANIELA LO PRESTI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

### **Obiettivi formativi**

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base sulle metodologie per la progettazione di sensori chimici, sulle tecniche per la loro fabbricazione e sui dettagli relativi al loro principio di funzionamento e alle loro principali caratteristiche metrologiche. Inoltre, verranno fornite conoscenze di base sulle principali applicazioni di tali sensori nel monitoraggio di parametri ambientali (ad esempio, qualità dell'aria, del suolo e dell'acqua).

### **CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE**

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione sul funzionamento e metodologie di sviluppo dei sensori chimici utilizzati nel monitoraggio ambientale. Inoltre, di pone come obiettivo quello di fornire competenze legata alle tecniche di analisi dei dati collezionati da tali sensori.

### **CAPACITÀ APPLICATIVE**

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di:

- selezionare i sensori chimici più idonei in base al campo di applicazione specifico legato al monitoraggio ambientale
- analizzare e investigare le caratteristiche metrologiche e le prestazioni dei sensori chimici di interesse
- progettare sensori chimici ad-hoc per analizzare uno o più parametri ambientali
- analizzare e interpretare i dati collezionati dai sensori di interesse

### **Prerequisiti**

Non ci sono propedeuticità e/o prerequisiti, se non quelli richiesti per l'accesso al programma di laurea.

### **Contenuti del corso**

I contenuti del Corso sono riportati di seguito.

- Concetti di base dei metodi di misura con particolare riguardo alla stima di parametri chimici. Componenti principali (ad esempio trasduttori, elettronica di condizionamento, trasmissione e analisi dei dati) e caratteristiche principali dei sensori chimici (ad esempio, sensibilità, selettività, campo di misura, linearità, risoluzione, precisione, tempo di risposta, isteresi, deriva strumentale) (6 ore di lezione, 6 ore di laboratorio, 1.5 cfu).
- Monitoraggio ambientale: concetti di base e applicazioni. Principali parametri e scenari di interesse. Effetti dell'inquinamento sulla salute e come le tecnologie di monitoraggio possono ridurre le emissioni e l'inquinamento ambientale. (8 ore di lezione, 4 ore di laboratorio, 1.5 cfu).
- Sensori di tipo resistivo e capacitivo. Progettazione e processi di fabbricazione più diffusi. Sensori di gas. Sensori di liquidi. Applicazioni di tali sensori nel monitoraggio ambientale (4 ore di lezione, 2 ore di laboratorio, 0.75 cfu).
- Sensori elettrochimici. Principio di funzionamento dei più diffusi sensori elettrochimici e dei loro misurandi. Applicazioni dei sensori elettrochimici per il monitoraggio ambientale (4 ore di lezione, 0.5 cfu).
- Sensori ottici. Sensori in fibra ottica. Principio di funzionamento dei più diffusi sensori ottici e in fibra ottica. Principali utilizzi di tali sensori per il monitoraggio ambientale (4 ore di lezione, 2 ore di laboratorio, 0.75 cfu).
- Sensori di pressione, temperatura e di portata. Principali applicazioni nel monitoraggio ambientale. Principio di funzionamento e principali caratteristiche dei sensori più utilizzati in questo scenario. Principali utilizzi di tali sensori nel monitoraggio ambientale (4 ore di lezione, 4 h ore di laboratorio, 1 cfu)

### **Metodi didattici**

Lezioni frontali per presentare gli argomenti del corso e svolgimento di esercizi per mostrare la loro applicazione per risolvere problemi specifici. Sessioni di laboratorio per consentire agli studenti di imparare ad utilizzare i sensori più diffusi per il monitoraggio dei parametri chimici. Teoria ed esperimenti riguardanti la misurazione di parametri per il monitoraggio ambientale inclusi ad esempio quelli relativi alla qualità di aria, suolo e acqua e alle condizioni climatiche.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le competenze acquisite durante il corso saranno valutate attraverso una prova orale di 30-40 minuti. Durante la prova orale, lo studente dovrà dimostrare di avere una conoscenza approfondita di argomenti specifici riportati in dettaglio nella sezione "Programma". Gli studenti dovranno rispondere a 2 domande incentrate su argomenti del corso (30-40 minuti). Questa parte sarà valutata 20/30. Inoltre, le conoscenze e le competenze relative all'uso e alla caratterizzazione di uno specifico sensore saranno valutate attraverso un esperimento eseguito in laboratorio (20 minuti). Questa parte sarà valutata 10/30.

### **Testi di riferimento**

1. T. G. Beckwith, R. D. Marangoni, J. H. Lienhard. Mechanical Measurements Addison-Wesley Pub Company, Reading MA, USA.
2. Ernest O. Doebelin. Measurement System (2008). McGraw-Hill Education
3. Appunti presi a lezioni e slide caricare sulla piattaforma di e-learning dell'Università Campus Bio-Medico di Roma.

### **Altre informazioni**

Lo studente sarà in grado di comprendere le principali caratteristiche dei sensori chimici e di selezionare i sensori più idonei in base ai requisiti dettati da specifiche applicazioni nel monitoraggio ambientale. Lo studente sarà stimolato ad arricchire le proprie conoscenze e capacità di analisi dei contenuti del corso. Lo studente dovrà sviluppare la capacità di comunicare, in modo sintetico e in termini generali, oltre che tecnici, gli aspetti relativi al programma del corso. Lo studente sarà inoltre in grado di analizzare e interpretare i dati registrati da sensori chimici per il monitoraggio di parametri ambientali (quali ad esempio, la qualità dell'aria, la contaminazione del suolo e dell'acqua, la temperatura e l'umidità ambientali). La capacità di apprendimento di ciascuno studente crescerà durante il corso grazie a un metodo di insegnamento interattivo.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	6	ING-IND/12

*Stampa del 06/11/2025*

## **Strategie di innovazione tecnologica [ 2202217 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** DOCENTE\_FITTIZIO DOCENTE\_FITTIZIO

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

**Syllabus non pubblicato dal Docente.**

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		6	ING-IND/35

*Stampa del 06/11/2025*

# **Sviluppo, modellazione e ottimizzazione dei processi sostenibili [ 2202243 ]**

**Offerta didattica a.a. 2025/2026**

**Docenti:** GAETANO IAQUANIELLO

**Periodo:** Primo Ciclo Semestrale

## **Obiettivi formativi**

Sviluppo, Modellazione e Simulazione dei Processi Sostenibili

Settore scientifico-disciplinare (SSD): ING-IND/25

Anno di corso e semestre di erogazione: 2° anno, 1° semestre

Lingua di insegnamento: Italiano

Carico didattico in crediti formativi universitari (CFU):  
6 CFU

Numero di ore di attività didattica:  
48

Docente: Gaetano Iaquaniello, Annarita Salladini e Emma Palo

Obiettivi formativi specifici:

## **CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE**

Il corso si propone di far apprendere allo studente gli strumenti necessari per l'analisi, modellazione e simulazione delle operazioni unitarie, e l'ottimizzazione dei processi chimici con particolare rilevanza ai processi sostenibili e/o a basso impatto di CO2 .L'allievo sarà in grado di sviluppare gli aspetti salienti, teorici e pratici, relativi allo sviluppo di schemi di processo innovativi, alla loro simulazione, e all'utilizzo di cariche non convenzionali attraverso l'utilizzo di simulatori avanzati di processo ( Aspen plus).

## **CAPACITÀ APPLICATIVE**

Al termine del corso, lo studente avrà sviluppato un approccio critico nella analisi e sviluppo degli schemi di processo convenzionali e non e nell'utilizzo di cariche non convenzionali per le produzioni di chemicals.

## **AUTONOMIA DI GIUDIZIO**

Allo studente viene richiesto inoltre di verificare autonomamente la fattibilità tecno-economica delle soluzioni proposte anche in termini di minimizzazione della CO2 emessa per unità di prodotto.

## **ABILITÀ NELLA COMUNICAZIONE**

Lo studente apprenderà come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace, utilizzando una espressione verbale tecnica idonea anche attraverso la discussione di una tesi che verrà preparata su un argomento da definire nel corso delle lezioni.

## **CAPACITÀ DI APPRENDERE**

Ci si aspetta che lo studente acquisisca, attraverso una partecipazione attiva alle lezioni ed esercitazioni, una crescente capacità di analisi e di sviluppo di schemi di processo innovativi.

SDSs :

obiettivo 8 : Incentivare una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, una occupazione piena e produttiva, un lavoro dignitoso per tutti.

obiettivo 12 : , Garantire modelli sostenibili di produzione e consumo

## Prerequisiti

Chimica generale, Principi di ingegneria chimica e Progettazione degli Impianti Chimici

## Contenuti del corso

Programma:

- Definizione e analisi delle fasi nello sviluppo di un processo sostenibile.
- Introduzione al concetto di simulazione mediante software, presentazione di Aspen Plus
- Descrizione delle principali operazioni unitarie e ottimizzazione della loro interconnessione. Analisi e simulazione di processo.
- Valutazione dei costi di produzione attraverso l'analisi dei costi variabili (OPEX) e dei costi fissi (Capex). Cenni sulla stima dei Capex
- La produzione di idrogeno convenzionale e a basso impatto ambientale (blu) e da processi non convenzionali via elettrolisi (verde) e cracking (turchese). Calcolo delle emissioni per kg di H<sub>2</sub> prodotto.
- Ottimizzazione dei principali parametri operativi e integrazione termica.
- Calcolo della efficienza termica e delle emissioni di CO<sub>2</sub> in una caldaia convenzionale ed in un sistema ibrido pompa di calore /caldaia.
- L'utilizzo dei rifiuti solidi urbani nella produzione di syngas e modellazione dei processi di produzione di idrogeno, metanolo ed etanolo. Analisi delle geometrie dei reattori e modellazione del processo di gassificazione.
- Descrizione e scelta dei modelli termodinamici con relative banche dati
- Definizione dei criteri di scale-up per le varie operazioni unitarie.
- Recupero della CO<sub>2</sub> ed utilizzo come materia prima nella produzione di metanolo verde e gas naturale sintetico (SNG)
- La produzione di ammoniaca verde.
- la produzione di etanolo di seconda generazione: costi e problematiche
- Tecnologie di produzione di acqua dissalata : simulazione dei processi termici
- Cenni di catalisi industriale e simulazione dei reattori chimici attraverso software.
- Introduzione alla valutazione aspetti critici nel funzionamento in condizioni reali e di start-up di un impianto.

## Metodi didattici

Il corso si articola in una serie di lezioni monografiche seguite da esercitazioni al simulatore svolte dagli studenti sotto la supervisione degli insegnanti, utilizzando postazioni singole. La parte esercitativa copre circa 50% del tempo delle lezioni. Agli studenti viene chiesto inoltre di preparare una tesina di gruppo per sviluppare la capacità di lavorare in gruppo e confrontarsi con la risoluzione di problemi attuali.

## Modalità di verifica dell'apprendimento

La verifica dei contenuti acquisiti avverrà attraverso un esame scritto e orale. L'esame scritto è articolato su due/tre esercizi di simulazione di operazioni unitarie e su due /tre domande relativa ai corsi monografici. La durata totale della prova scritta è fissata in 4 ore. La prova orale è dedicata in parte alla discussione degli esercizi svolti nell'esame scritto ed in parte alla presentazione /discussione di una tesina di gruppo nella quale viene chiesto agli studenti di sviluppare un processo sostenibile con la relativa valutazione dei costi di produzione.

## Testi di riferimento

- Dispense del docente ed articoli scientifici inerenti i temi trattati.
- Catalysis, Green Chemistry and Sustainable Energy, A. Basile, G. Centi, M. De Falco, G. Iaquaniello, Elsevier, BV 2019
- Plant Design and economics for chemical engineers, Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus, McGraw-Hill
- Fondamenti di Chimica Industriale – Zanichelli ISBN 978-88-08-32019-3

## Altre informazioni

Al termine del corso, lo Studente sarà capace di:

- 1) Analizzare e sviluppare schemi di processo complessi, anche e soprattutto in combinazione con cariche non convenzionali
- 2) Modellare attraverso software di simulazione le principali operazioni unitarie e la loro interconnessione.
- 3) Valutare a partire dai bilanci di materia e di energia, i costi variabili di produzione.
- 4) Valutare le emissioni di CO<sub>2</sub> per unità di prodotto.
- 5) Valutare i costi di produzione in funzione dei costi variabili (Opex) e fissi (Capex)
- 6) Comprendere i meccanismi di ottimizzazione dei costi di produzione attraverso la simulazione di processo.

- 7) Modellare cariche non convenzionali, quali rifiuti urbani, oli vegetali e CO2
- 8) Modellare i processi termici di dissalazione

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Industria Pharma e Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017) Biotech		6	ING-IND/25

*Stampa del 06/11/2025*

# Tecnologie e Bioprocessi per l'Industria Alimentare [ 2202235 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** LUIGI NATALONI

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Lo scopo del corso è quello di conoscere i principi base della chimica applicati all'industria alimentare. Conoscenza di impianti ed apparecchiature presenti nell'industria alimentare e biochimica. Capacità di applicare i concetti teorici di chimica della trasformazione alimentare, del food safety alle realtà industriale tenendo conto anche degli aspetti economici e regolatori. Alla fine del corso lo studente sarà in grado di conoscere le principali categorie di processo alimentare e biochimico.

## CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE

L'obiettivo è di far apprendere allo studente le conoscenze dell'applicazione dell'ingegneria chimica e delle unità produttive più comuni come filtrazione, evaporazione, separazione nell'industria alimentare e di valutarle attraverso la valutazione specifiche attraverso analisi HACCP e di ragionamenti su economia circolare e sostenibilità

## CAPACITÀ APPLICATIVE

Al termine del corso, lo studente è in grado di sviluppare e di progettare un processo per ottenere un prodotto finito food a partire da materia prime sia vegetali che animali.

## Prerequisiti

Conoscenze di principi di ingegneria biochimica, chimica organica e impiantistica industriale

## Contenuti del corso

Che cosa è l'industria alimentare, di cosa si occupa, dati di fatturato in Italia e nel mondo. I settori più importanti.

Esempio di alcuni processi industriale per l'ottenimento di alimenti, latte, fruttosio, sorbitolo, cioccolato, carne.

Di cosa si occupa un tecnologo di processo, quali sono le tecnologie più importanti nel settore alimentare.

Che cosa è un processo.

Spiegazione del PDP, le varie fasi del progetto dalla fase exploring al execution. Block diagram, PFD, P&ID

Valutazione dei rischi, esempi e case study

Corso di Laurea in Scienze dell'Alimentazione e Nutrizione Umana - Guida dello studente A. A. 2021/2022

298

principi dell' HACCP, alcuni esempi

Alcune soluzioni di food safety e di de-risk dei processi alimentari.

Sviluppo di un piccolo processo, tipo miscelazione.

Enzimologia

L'importanza dell'enzimologia nei processi alimentari

Fermentazione e processi fermentativi

Focus su alphaamylase, betaamilase, isomeraseetc

Possibili sviluppi: sostenibilità via enzimi etc

Alcuni esempi

La separazione

Filtrazione, separazione a membrana, decantazione e centrifugazione, cromatografia

Il deashing, decolorazione, dissalazione

resine a scambio ionico, Elettrodialisi, capacity deionisation etc

Esempi industriali, esercizi di dimensionamento etc

Evaporazione e drying

Viscosità dei fluidi trasporto dei fluidi, miscelazione

packaging, trasporto e stoccaggio, shelf life

Miscelazione, imbottigliamento

Controllo di processo, automazione

Visita ad uno stabilimento

Studio di un processo reali e completi: latte, zucchero, pasta, cacao, carne

La fermentazione e i processi fermentativi, biomasse di seconda generazione

Esercizi e case study sugli argomenti precedenti

Sostenibilità, innovazione sull'industria alimentare

**Metodi didattici**

Lezioni frontali ed esercitazioni che spiegano i contenuti del programma del corso, esempi reali dei processi e seminari tenuti da esperti, possibilmente visita di un impianto con processi food.

**Modalità di verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità acquisite sono verificate mediante una prova orale, che comprenderà due domande sui contenuti del corso. La scelta delle due domande orali mira ad accettare il grado effettivo di apprendimento e la capacità di rielaborazione autonoma delle conoscenze e delle abilità descritte negli obiettivi formativi.

**Testi di riferimento**

Dispense del docente.

Principi di tecnologia alimentare di R. Paul Singh, Dennis R. Heldman

**Altre informazioni**

Lo Studente alla fine del corso deve dimostrare di avere le seguenti competenze:

- 1) cosa è l'industria alimentare e di cosa si occupa
- 2) il Project & Process management
- 3) i principi dell'HACCP
- 4) utilizzare la fermentazione e i processi fermentativi
- 5) applicare le tecniche di separazione
- 6) applicare l'evaporazione e il drying.
- 7) tecniche di raffinazione e di purificazione

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		6	ING-IND/25

*Stampa del 06/11/2025*

# Transizione energetica e tecnologie per l'economia circolare [ 2201240 ]

Offerta didattica a.a. 2025/2026

**Docenti:** AGOSTINO RE REBAUDENGO

**Periodo:** Secondo Ciclo Semestrale

## Obiettivi formativi

Il corso affronta il tema del cambiamento climatico, analizzandone le cause principali e le possibili strategie di mitigazione, con un focus sulla transizione verso un sistema energetico a basse emissioni di carbonio e sull'adozione di tecnologie e processi sostenibili in linea con i principi dell'economia circolare.

Un'attenzione particolare sarà dedicata al trattamento della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU) per la produzione di biometano, oltre che alle principali fonti di energia rinnovabile come il fotovoltaico e l'eolico.

Oltre alle lezioni teoriche, il corso prevede visite didattiche presso un impianto di trattamento FORSU e in siti di produzione di energia fotovoltaica ed eolica.

Saranno inoltre approfondite le metodologie per la valutazione economico-finanziaria dei progetti nel settore delle rinnovabili, insieme ai principi fondamentali del diritto amministrativo applicato al contesto energetico e ambientale.

Infine, verrà dedicato uno spazio specifico all'analisi dello stato dell'arte nella ricerca sulla cattura e valorizzazione della CO<sub>2</sub>.

## Prerequisiti

Conoscenze di termodinamica, di chimica generale e organica, principi di ingegneria chimica, macchine.

## Contenuti del corso

1. Introduzione al cambiamento climatico: cause, conseguenze e politiche di contrasto
  2. Il processo di digestione anaerobica di biomasse e rifiuti: le fasi biologiche e i parametri di processo
  3. Panoramica sul sistema nazionale di gestione dei rifiuti. La valorizzazione energetica del biogas da discarica: modelli predittivi di produzione, struttura degli impianti e tecnologie
  4. Scenario energetico e tendenze nazionali e sovranazionali. Obiettivi di decarbonizzazione al 2030
  5. Tipologie di biodigestori e confronto tra le tecnologie impiantistiche, bilanci di massa ed energia, produzione di biometano e compost
  6. I trattamenti del biogas: produzione di energia termica ed elettrica da cogenerazione
  7. Confronto tra processi e tecnologie per l'upgrading a biometano
  8. Nozioni di pianificazione strategica, piano d'azione, controllo delle performance e project management
  9. La valutazione economica e finanziaria di una nuova iniziativa nel settore delle energie rinnovabili.
- I principali indicatori economico-finanziari: la struttura dei costi e dei ricavi, il conto economico, i flussi di cassa, i CAPEX
10. La ricerca avanzata nel campo dell'economia circolare. Focus sulla cattura e l'utilizzo della CO<sub>2</sub>: tecnologie, utilizzzi, progetti di ricerca
  11. Energia idroelettrica: principi di progettazione; Sistemi di accumulo elettrochimico (BEES): Principi di progettazione
  12. Il solare fotovoltaico: principi di progettazione
  13. Energia eolica: principi di progettazione
  14. Le nuove iniziative nel settore del biometano: modelli di sviluppo, iter autorizzativi e meccanismi di incentivazione.

## Metodi didattici

Gli argomenti saranno affrontati attraverso lezioni frontali, arricchite da riferimenti a casi studio e applicazioni pratiche. Il corso prevede inoltre visite didattiche presso un impianto per la produzione di biometano e compost, un impianto fotovoltaico e uno eolico.

A completamento delle lezioni, sono previsti seminari tenuti da esperti di rilievo nel settore, che offriranno approfondimenti su tematiche specifiche e attuali.

### **Modalità di verifica dell'apprendimento**

Le conoscenze e le abilità acquisite saranno verificate mediante una prova scritta (test a risposta multipla) o, in alternativa, una prova orale della durata minima di 30 minuti.

### **Testi di riferimento**

Dispense del docente caricate sulla piattaforma di e-learning dell'Ateneo.

### **Altre informazioni**

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di:

- comprendere ed analizzare i processi e le tecnologie per la produzione di biogas, biometano, energia elettrica e compost dalla digestione anaerobica della FORSU;
- conoscere le procedure autorizzative, di allacciamento e di accesso agli incentivi per gli impianti di produzione di biometano da FORSU e delle altre fonti rinnovabili;
- conoscere i principali strumenti per la valutazione economica e finanziaria e la gestione di un progetto;
- conoscere la realtà industriale del trattamento della FORSU e delle altre fonti rinnovabili;

Lo studente sarà chiamato a sviluppare un approccio critico sulla elaborazione e comprensione dei concetti.

Lo studente sarà sollecitato durante le lezioni a interagire con il docente al fine di migliorare le proprie capacità analitiche sui temi trattati.

Lo studente sarà chiamato al problem solving durante la visita didattica in impianto industriale.

**L'attività didattica è offerta in:**

**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

<b>Tipo corso</b>	<b>Corso di studio (Ordinamento)</b>	<b>Percorso</b>	<b>Crediti</b>	<b>S.S.D.</b>
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria comune Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)		6	ING-IND/24

*Stampa del 06/11/2025*