



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**  
**SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE**

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA, DEI MATERIALI  
E DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE**

**GUIDA DELLO STUDENTE**

**CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA CHIMICA**

*Classe delle Lauree in Ingegneria Industriale, Classe N. L-9*

**ANNO ACCADEMICO 2020/2021**

**Napoli, luglio 2020**

## **Finalità del Corso di Studi e sbocchi occupazionali**

La formazione dell'Ingegnere Chimico si rivolge primariamente allo studio delle trasformazioni chimico-fisiche della materia in quanto strumenti per la produzione e la trasformazione di beni materiali, l'erogazione di servizi e la prevenzione o mitigazione delle modificazioni dell'habitat indotte da attività o insediamenti antropici.

Il percorso formativo del Corso di Laurea in Ingegneria Chimica privilegia, nel suo complesso, l'acquisizione di una formazione ad ampio spettro rispetto ad una forte connotazione professionale riferita a specifici comparti applicativi. Tale impostazione intende salvaguardare l'ampia latitudine culturale del laureato come condizione essenziale per un proficuo inserimento professionale nella mutevolezza degli scenari tecnologici ed occupazionali. La formazione del Laureato in Ingegneria Chimica favorisce la maturazione di una capacità di approccio ai problemi su scala "mesoscopica", focalizzando l'obiettivo, ed il livello di sintesi corrispondente, ad apparecchiature e sezioni d'impianto di modesta complessità.

L'approccio alla descrizione delle trasformazioni chimico-fisiche della materia avviene in termini di proprietà costitutive macroscopiche con limitati riferimenti agli aspetti statistico/molecolari che ne costituiscono il fondamento.

Egli possiederà conoscenze e strumenti metodologici indirizzati alla progettazione di componenti, sistemi, processi, alla conduzione di esperimenti ed alla analisi delle relative risultanze; alla comprensione dell'impatto delle soluzioni ingegneristiche nel contesto sociale e fisico-ambientale. Egli possederà inoltre conoscenze generali relative alle proprie responsabilità professionali ed etiche, ai contesti aziendali ed alla cultura d'impresa. Gli studi saranno inoltre finalizzati a stimolare la conoscenza dei contesti contemporanei, lo sviluppo di capacità relazionali e decisionali, l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

Il laureato in Ingegneria Chimica dovrà, inoltre, essere in grado di utilizzare almeno una lingua dell'Unione Europea oltre all'italiano ed essere in possesso di adeguate conoscenze che permettano l'uso degli strumenti informatici, necessari nell'ambito specifico di competenza e per lo scambio di informazioni generali.

Il Corso di Studi prevede un test di ammissione obbligatorio finalizzato a valutare l'adeguatezza della preparazione di base e l'attitudine agli studi di Ingegneria. Informazioni sulle modalità di svolgimento del test e sulle eventuali prescrizioni conseguenti al mancato superamento sono reperibili sul sito: [www.scuolapsb.unina.it](http://www.scuolapsb.unina.it).

## Manifesto degli Studi

| Insegnamento o attività formativa                 | Modulo | CFU | SSD        | Tipologia (*) | Ambiti Disciplinari | Propedeuticità                                  |
|---|--------|-----|------------|---------------|---------------------|---|
| <b>I Anno – I semestre</b>                        |        |     |            |               |                     |   |
| Analisi matematica I                              |        | 9   | MAT/05     | 1             | Mat., Inf., Stat.   |   |
| Geometria e algebra                               |        | 6   | MAT/03     | 1             | Mat., Inf., Stat.   |   |
| Elementi di informatica                           |        | 6   | ING-INF/05 | 1             | Mat., Inf., Stat.   |   |
| Lingua inglese                                    |        | 3   |            | 5             |                     |   |
| <b>I Anno – II semestre</b>                       |        |     |            |               |                     |   |
| Analisi matematica II                             |        | 9   | MAT/05     | 1             | Mat., Inf., Stat.   | Analisi I                                       |
| Chimica   |        | 9   | CHIM/07    | 1             | Fisica e Chimica    |   |
| Fisica generale I                                 |        | 6   | FIS/01     | 1             | Fisica e Chimica    |   |
| Disegno tecnico industriale                       |        | 6   | ING-IND/15 | 2             | Ing. Meccanica      |   |
| <b>II Anno – I semestre</b>                       |        |     |            |               |                     |   |
| Chimica organica                                  |        | 9   | CHIM/06    | 4             | Attività Affini     | Chimica   |
| Fisica generale II                                |        | 6   | FIS/01     | 1             | Fisica e Chimica    | Fisica I  |
| Fisica matematica                                 |        | 9   | MAT/07     | 1             | Mat., Inf., Stat.   | Analisi I<br>Geom. e algebra                    |
| <b>II Anno – II semestre</b>                      |        |     |            |               |                     |   |
| Termodinamica                                     |        | 12  | ING-IND/24 | 2             | Ing. Chimica        |   |
| Scienza e tecnologia dei materiali                |        | 9   | ING-IND/22 | 4             | Attività Affini     | Chimica   |
| Elettrotecnica                                    |        | 9   | ING-IND/31 | 2             | Ing. Elettrica      | Analisi II<br>Fisica II                         |
| <b>III Anno – I semestre</b>                      |        |     |            |               |                     |   |
| Principi di ingegneria chimica                    |        | 12  | ING-IND/24 | 2             | Ing. Chimica        | Termodinamica                                   |
| Fondamenti di chimica industriale                 |        | 9   | ING-IND/27 | 2             | Ing. Chimica        | Termodinamica                                   |
| Macchine  |        | 9   | ING-IND/08 | 2             | Ing. Meccanica      | Termodinamica                                   |
| <b>III Anno – II semestre</b>                     |        |     |            |               |                     |   |
| Ingegneria delle reazioni chimiche                |        | 6   | ING-IND/25 | 2             | Ing. Chimica        | Termodinamica                                   |
| Identificazione e simulazione di processi chimici |        | 9   | ING-IND/26 | 2             | Ing. Chimica        | Termodinamica<br>Principi di ingegneria chimica |
| Impianti chimici                                  |        | 9   | ING-IND/25 | 2             | Ing. Chimica        | Termodinamica<br>Principi di ingegneria chimica |
| Ulteriori conoscenze                              |        | 3   |            | 6             |                     |   |
| A scelta autonoma dello studente <sup>a)</sup>    |        | 12  |            | 3             |                     |   |
| Prova finale                                      |        | 3   |            | 5             |                     |   |

Note:

a) Lo studente potrà attingere, tra l'altro, ad attività formative indicate nella successiva **tabella B**

**(\*) Legenda delle tipologie delle attività formative ai sensi del DM 270/04**

| <b>Attività formativa</b> | <b>1</b>            | <b>2</b>            | <b>3</b>            | <b>4</b>            | <b>5</b>            | <b>6</b>            | <b>7</b>            |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>rif. DM270/04</b>      | Art. 10 comma 1, a) | Art. 10 comma 1, b) | Art. 10 comma 5, a) | Art. 10 comma 5, b) | Art. 10 comma 5, c) | Art. 10 comma 5, d) | Art. 10 comma 5, e) |

**Tabella B: Esami opzionali che non richiedono la presentazione del piano di studi**

| <b>Insegnamento o attività formativa</b>     | <b>Modulo</b> | <b>CFU</b> | <b>SSD</b> | <b>Tipologia (*)</b> | <b>Propedeuticità</b> |
|--|---------------|------------|------------|----------------------|-----------------------|
| <b>III Anno – I semestre</b>                 |               |            |            |                      |                       |
| Laboratorio di ingegneria chimica 1 (FG, SG) | Modulo A      | 3          | ING-IND/24 | 3                    |                       |
|  | Modulo B      | 3          | ING-IND/26 | 3                    |                       |
| <b>III Anno – II semestre</b>                |               |            |            |                      |                       |
| Laboratorio di ingegneria chimica 2/FG (FG)  | Modulo A      | 3          | ING-IND/25 | 3                    |                       |
|  | Modulo B      | 3          | ING-IND/23 | 3                    |                       |
| Laboratorio di ingegneria chimica 2/SG (SG)  | Modulo A      | 3          | ING-IND/25 | 3                    |                       |
|  | Modulo B      | 3          | ING-IND/27 | 3                    |                       |

FG - Plesso Fuorigrotta

SG - Plesso San Giovanni

## Calendario delle attività didattiche - a.a. 2020/2021

|   | <b>Inizio</b>     | <b>Termine</b>    |
|---|-------------------|-------------------|
| <b>1° periodo didattico</b>               | 28 settembre 2020 | 22 dicembre 2020  |
| <b>1° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup> | 23 dicembre 2020  | 27 febbraio 2021  |
| <b>Finestra esami marzo</b>               | 1 marzo 2021      | 31 marzo 2021     |
| <b>2° periodo didattico</b>               | 8 marzo 2021      | 11 giugno 2021    |
| <b>2° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup> | 12 giugno 2021    | 31 luglio 2021    |
| <b>3° periodo di esami</b> <sup>(a)</sup> | 31 agosto 2021    | 30 settembre 2021 |
| <b>Finestra esami ottobre</b>             | 1 ottobre 2021    | 30 ottobre 2021   |

(a): per allievi in corso

**Vacanze 1° semestre** - San Gennaro: 19 settembre (sabato); Ognissanti: 1 novembre (domenica); lunedì 7 dicembre (chiusura Ateneo); Immacolata: 8 dicembre (martedì); Natale: dal 24 dicembre (giovedì) al 6 Gennaio (mercoledì).

**Vacanze di Carnevale** - Lunedì 15 febbraio e martedì 16 febbraio

**Vacanze 2° semestre** - Pasqua: da giovedì 1 aprile a mercoledì 7 aprile; Festa della Liberazione: 25 aprile (domenica); Festa del Lavoro: 1 maggio (sabato); Festa della Repubblica: 2 giugno (mercoledì)

### Referenti del Corso di Studi

Coordinatore Didattico dei Corsi di Studio in Ingegneria Chimica: Prof. Giovanni Ianniruberto – Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale - tel. 081/7682270 - e-mail: giovanni.ianniruberto@unina.it.

Referente del Corso di Laurea per il Programma ERASMUS: Prof. Stefano Guido – Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale - tel. 081/7682271 - e-mail: stefano.guido@unina.it.

Responsabile del Corso di Laurea per i tirocini: Prof. Fabio Murena – Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale - tel. 081/7682272 – e-mail: fabio.murena@unina.it.

## **Attività formative**

### **Parte 1 – Insegnamenti curricolari**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Insegnamento: Analisi Matematica I  |                          |
| Modulo:   |                          |
| Anno di corso: 1  | Semestre: 1              |
| Codice: 00102   | SSD: MAT/05              |
| CFU: 9  | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 48  | Ore di esercitazione: 24 |
| <p><b>Obiettivi formativi:</b><br/>Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi al calcolo infinitesimale, differenziale e integrale per le funzioni reali di una variabile reale; fare acquisire adeguate capacità di formalizzazione logica e abilità operativa consapevole.</p>  |                          |
| <p><b>Contenuti:</b><br/>Numeri reali. Numeri complessi. Funzioni elementari nel campo reale. Equazioni e disequazioni. Limiti delle funzioni reali di una variabile reale: proprietà dei limiti, operazioni con i limiti e forme indeterminate, infinitesimi, infiniti, calcolo di limiti. Funzioni continue: proprietà e principali teoremi. Calcolo differenziale per funzioni reali di una variabile reale: funzioni derivabili e significato geometrico della derivata, il differenziale, principali teoremi del calcolo differenziale, estremi relativi e assoluti, criteri di monotonia, funzioni convesse e concave, studio del grafico, formula di Taylor. Integrazione indefinita: primitive e regole di integrazione indefinita. Calcolo integrale per le funzioni continue in un intervallo compatto: proprietà e principali teoremi, area del rettangoloide, teorema fondamentale del calcolo integrale, calcolo di integrali definiti. Successioni e serie numeriche, serie geometrica, serie armonica.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: NESSUNA  |                          |
| Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni  |                          |
| <p>Materiale didattico:<br/>Tracce delle prove di esame risolte e non</p>   |                          |
| <p>Modalità di esame:<br/>Prove applicative in itinere e/o prova scritta finale; colloquio</p>  |                          |

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Insegnamento: Elementi di Informatica  |                          |
| Modulo:  |                          |
| Anno di corso: 1   | Semestre: 1              |
| Codice: 15015  | SSD: ING-INF/05          |
| CFU: 6   | Ore: 48                  |
| Ore di lezione: 26   | Ore di esercitazione: 22 |
| <p>Obiettivi formativi:</p> <p>Conoscenza delle nozioni di base relative alla struttura ed al modello funzionale di un elaboratore.</p> <p>Conoscenza delle fondamentali strutture di dati e degli strumenti e metodi per lo sviluppo di programmi, su piccola o media scala, per applicazioni di tipo tecnico-scientifico.</p> <p>Capacità di progettare e codificare algoritmi in linguaggio C++, secondo le tecniche di programmazione strutturata e modulare, per la risoluzione di problemi di calcolo numerico di limitata complessità e di gestione di insiemi di dati, anche pluridimensionali.</p>  |                          |
| <p>Contenuti:</p> <p>I sistemi di calcolo. Nozioni di carattere introduttivo. Informazione e dato, algoritmo e programma. La codifica delle informazioni. La macchina di Turing. Il modello di von Neumann. Caratteristiche della Memoria Centrale e della Unità Centrale di Elaborazione. L'hardware e il software. Software di base e software applicativo. I sistemi di elaborazione moderni (Evoluzione del modello di von Neumann). Rappresentazione dei dati nei registri di memoria. Cenni di algebra booleana e conversioni dei sistemi di numerazione. Codici per la rappresentazione dei caratteri. Cenni sulla codifica di immagini e suoni.</p> <p>La programmazione degli elaboratori elettronici. I linguaggi di programmazione. L'algoritmo del processore: sequenza statica e dinamica delle istruzioni. Stato di un insieme di informazioni nel corso dell'esecuzione di un programma. Componenti di un programma: documentazione, dichiarazioni, istruzioni eseguibili. Il processo di compilazione ed esecuzione dei programmi. Cenni sui Sistemi Operativi. Cenni sui processi di sviluppo del software: le fasi di analisi, progettazione e implementazione.</p> <p>La progettazione dei programmi. La programmazione strutturata. L'approccio top-down per raffinamenti successivi. Costrutti seriali, selettivi e ciclici: sintassi, semantica, esempi d'uso. Annidamento di strutture. Modularità dei programmi. Sottoprogrammi: funzioni e librerie.</p> <p>Elementi del linguaggio C/C++. Tipi di dati fondamentali e strutturati (record ed array). Sintassi del linguaggio: istruzioni di controllo ed operatori del linguaggio. Dichiarazione e definizione di funzioni. Modalità di scambio parametri: funzioni con effetti collaterali. Visibilità e durata delle variabili. Array e stringhe di caratteri. Cenni sui puntatori.</p> <p>Algoritmi fondamentali di elaborazione. Librerie C/C++ per la gestione dell'I/O, delle stringhe, e per la matematica. Metodi iterativi per il calcolo numerico. Algoritmi per la gestione di array: ricerca, eliminazione, inserimento, ordinamento. Cenni sulla complessità computazionale di un algoritmo.</p> <p>Esercitazioni. Impiego di un ambiente di sviluppo dei programmi C/C++, con esempi di algoritmi fondamentali e di tipo numerico. Cenni su Automi a Stati Finiti.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: NESSUNA   |                          |
| Metodo didattico: L'insegnamento comprende lezioni frontali ed esercitazioni sullo sviluppo di programmi in linguaggio C/C++. Le esercitazioni vengono svolte in aula ed in laboratorio in ambiente di sviluppo integrato Dev-C++.   |                          |
| <p>Materiale didattico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- E. Burattini, A. Chianese, V. Moscato, A. Picariello, C. Sansone: Che C serve. Per iniziare a programmare – Apogeo Editore, 2016</li> <li>- A. Chianese, V. Moscato, A. Picariello: Alla scoperta dei fondamenti dell'informatica – Liguori Editore, 2008.</li> <li>- Sito <a href="http://www.docenti.unina.it">www.docenti.unina.it</a>: materiale didattico offerto a supporto delle lezioni ed esercitazioni.</li> </ul>  |                          |
| <p>Modalità di esame:</p> <p>L'esame è costituito da due prove: una prova pratica preliminare, al calcolatore, che accerta la capacità di progettare e codificare un programma in C/C++ ed una prova (orale/scritta) tendente ad accertare la conoscenza degli argomenti teorici.</p>  |                          |



|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>Insegnamento: Geometria e Algebra</b>  |                                 |
| <b>Modulo</b> (ove presente la suddivisione in moduli):   |                                 |
| <b>Anno di corso: I</b>   | <b>Semestre: I</b>              |
| <b>Codice:</b>  | <b>MAT/03</b>                   |
| <b>CFU: 6</b>   | <b>Ore: 48</b>                  |
| <b>Ore di lezione: 36</b>   | <b>Ore di esercitazione: 12</b> |
| <p><b>Obiettivi formativi:</b><br/> Lo studente deve conoscere le definizioni e gli enunciati esposti nel corso delle lezioni e deve essere in grado di articolare le dimostrazioni dei principali enunciati sia per il loro intrinseco valore formativo, sia per essere in grado di applicare gli strumenti teorici acquisiti.<br/> lo studente deve essere in grado di applicare i concetti ed i risultati acquisiti in due modi: generalizzare le tecniche studiate per ottenere risultati leggermente più avanzati e risolvere i problemi e gli esercizi che gli saranno proposti nelle prove di verifica scritte ed orali.</p>   |                                 |
| <p><b>Contenuti:</b><br/> Strutture geometriche ed algebriche. Spazi vettoriali. Relazioni d'equivalenza e vettori liberi. Spazi vettoriali numerici e prodotto scalare standard. Dipendenza lineare, generatori, basi e dimensione. Sottospazi. Teorema di Grassmann. Matrici. Lo spazio delle matrici su un campo. Matrice trasposta. Matrici quadrate di vari tipi: triangolari, diagonali, simmetriche. Rango di una matrice. Prodotto righe per colonne. Il determinante di una matrice quadrata. Metodi di calcolo. Teoremi di Laplace, di Binet e degli Orlati. Operazioni elementari sulle righe (o colonne) di una matrice. Metodi di triangolazione. Questioni di invertibilità. Sistemi di equazioni lineari. Compatibilità, sistemi equivalenti. Teoremi di Rouchè-Capelli e di Cramer. Calcolo delle soluzioni di un sistema compatibile. Sistemi parametrici. Applicazioni lineari. Nucleo e immagine. Monomorfismi, epimorfismi ed isomorfismi. L'isomorfismo coordinato. Matrice associata ad una applicazione lineare. Endomorfismi, autovalori, autovettori ed autospazi. Il polinomio caratteristico. Molteplicità algebrica e geometrica di un autovalore. Diagonalizzazione di un endomorfismo e di una matrice. Il Teorema Spettrale. Spazi vettoriali euclidei. Matrici ortogonali e basi ortonormali. Geometria del piano. Rappresentazione parametrica e cartesiana della retta. Fasci di rette. Cenni su questioni affini ed euclidee nel piano. Geometria dello spazio. Rappresentazione parametrica e cartesiana della retta e del piano. Fasci di piani. Cenni su questioni affini ed euclidee nello spazio: parallelismo, ortogonalità e incidenza tra rette, tra piani, e tra una retta ed un piano. Il problema della comune perpendicolare di due rette non parallele.</p> |                                 |
| <b>Prerequisiti / Propedeuticità: NESSUNA</b>   |                                 |
| <b>Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni</b>   |                                 |
| <p><b>Materiale didattico:</b><br/> -<b>Libro di testo: L. A. Lomonaco, Geometria e algebra, Aracne ed. (2013)</b><br/> -<b>Esercizi e contenuti aggiuntivi sul sito di L. A. Lomonaco, sul server d'Ateneo</b></p>   |                                 |
| <b>Modalità di esame: prova scritta (con quesiti a scelta libera) e colloquio orale</b>   |                                 |

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Insegnamento: Analisi Matematica II  |                          |
| Modulo:  |                          |
| Anno di corso: 1   | Semestre: 2              |
| Codice: 00106  | SSD: MAT/05              |
| CFU: 9   | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 48   | Ore di esercitazione: 24 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/>Fornire i concetti fondamentali, in vista delle applicazioni, relativi al calcolo differenziale e integrale per le funzioni reali di più variabili reali; fare acquisire abilità operativa consapevole.</p>  |                          |
| <p>Contenuti:<br/>Successioni e serie di funzioni nel campo reale. Serie di Taylor. Funzioni reali e vettoriali di più variabili reali: limiti, continuità e principali teoremi. Calcolo differenziale per le funzioni reali di più variabili reali: differenziabilità, teoremi fondamentali del calcolo differenziale, formula di Taylor. Estremi relativi e assoluti: condizioni necessarie, condizioni sufficienti. Integrali doppi e tripli di funzioni continue su insiemi compatti, formule di riduzione e cambiamento di variabili. Curve e superfici regolari, retta e piano tangenti, lunghezza di una curva e area di una superficie. Triedro associato ad una curva, normale ad una superficie regolare. Integrali curvilinei e integrali superficiali. Forme differenziali a coefficienti continui e integrali curvilinei di forme differenziali. Campi vettoriali gradienti, campi vettoriali irrotazionali. Teoremi della divergenza e di Stokes nel piano e nello spazio. Superfici orientabili. Teorema della funzione implicita e moltiplicatori di Lagrange. Equazioni differenziali in forma normale e problema di Cauchy, teoremi di esistenza e unicità. Equazioni differenziali del primo ordine a variabili separabili, equazioni differenziali lineari e metodi di risoluzione. Cenni sui sistemi di equazioni differenziali lineari del primo ordine.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Analisi Matematica I  |                          |
| Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni   |                          |
| <p>Materiale didattico:<br/>Esercizi e tracce delle prove d'esame risolte e non</p>  |                          |
| <p>Modalità di esame:<br/>Prove applicative in itinere e/o prova scritta finale; colloquio</p>   |                          |

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Insegnamento: Chimica  |                          |
| Modulo:  |                          |
| Anno di corso: I   | Semestre: II             |
| Codice: 26092  | SSD: CHIM/07             |
| CFU: 9   | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 48   | Ore di esercitazione: 24 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/>         Conoscenza critica dei fondamenti chimici e chimico - fisici necessari per interpretare il comportamento e le trasformazioni della materia in relazione alle principali tecnologie e problematiche di tipo ingegneristico: materiali, produzione e accumulo di energia, inquinamento. Interpretazione delle trasformazioni della materia in relazione sia ai modelli termodinamici che cinetici. Sarà acquisita la capacità di correlare le proprietà macroscopiche di un materiale con la sua microstruttura per comprendere i criteri che regolano la progettazione e la sintesi di un materiale in relazione alle sue possibili applicazioni.</p>  |                          |
| <p>Contenuti:<br/>         Leggi fondamentali della chimica. Elementi e composti. Masse atomiche relative. La mole nelle reazioni chimiche. Relazioni stechiometriche. Numeri di ossidazione e nomenclatura dei composti inorganici. La struttura elettronica degli atomi. Orbitali atomici. La tavola periodica. Il legame chimico. Legame covalente. Orbitali molecolari. Polarità dei legami ed elettronegatività. Geometria molecolare. Molecole polari. Il legame ionico. Le interazioni tra ioni. Legame metallico. Legge dei gas ideali. Teoria cinetica. La distribuzione delle velocità molecolari. Gas reali. Forze di coesione nei solidi. L'energia reticolare dei cristalli. Interazioni intermolecolari. Solidi molecolari. Solidi reticolari. Transizioni di stato. La liquefazione dei gas. Stato liquido. Termodinamica chimica. Termochimica. Entropia ed irreversibilità: interpretazione statistica. Equilibri di fase: la tensione di vapore. Il diagramma di fase di una sostanza pura. Le soluzioni. Solubilizzazione e saturazione. I parametri che influenzano la solubilità. Proprietà delle soluzioni. Soluzioni elettrolitiche e conducibilità delle soluzioni. Velocità di reazione. Leggi cinetiche e meccanismi di reazione. Teoria delle collisioni. L'equilibrio chimico. La legge d'azione di massa. Equilibri eterogenei. Acidi e basi. pH. La neutralizzazione. Anfoteri. Gli equilibri di solubilità. Precipitazione. Dissoluzione dei precipitati. Reazioni di ossidazione. Celle galvaniche. Potenziali elettrochimici. Elettrolisi. Leggi di Faraday. Pile ed accumulatori. Cenni di corrosione.</p> |                          |
| <p>Prerequisiti / Propedeuticità: Conoscenze di base previste dai programmi delle materie scientifiche nella scuola secondaria superiore. / Nessuna.</p>   |                          |
| <p>Metodo didattico: lezioni, esercitazioni numeriche.</p>   |                          |
| <p>Materiale didattico: presentazioni multimediali delle lezioni. Libri di testo:<br/>         D.W. Oxtoby, H. P. Gillis, A. Campion, CHIMICA MODERNA, IV Ed. Edises (Napoli);<br/>         M. S. Silberberg, CHIMICA, III Ed. McGraw-Hill;<br/>         P. Atkins, L. Jones, PRINCIPI DI CHIMICA, III Ed. Zanichelli (Bologna)<br/>         I. Bertini, C. Luchinat; F. Mani, STECHIOMETRIA V Ed. Ambrosiana (Milano)<br/>         M. Giomini, E. Balestrieri, M. Giustini, FONDAMENTI DI STECHIOMETRIA, Edises (Napoli)</p>  |                          |
| <p>Modalità di esame: Prova scritta e colloquio orale</p>  |                          |

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Insegnamento: Fisica Generale I  |                          |
| Modulo:  |                          |
| Anno di corso: 1   | Semestre: 2              |
| Codice: 00103  | SSD: FIS/01              |
| CFU: 6   | Ore: 50                  |
| Ore di lezione: 36   | Ore di esercitazione: 14 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/>Lo studente acquisirà i concetti fondamentali della Meccanica Classica e i primi concetti della Termodinamica, privilegiando gli aspetti fenomenologici e metodologici. Inoltre acquisirà una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi.</p>  |                          |
| <p>Contenuti:<br/>Grandezze fisiche, definizione operativa, unità di misura, dimensioni. Cinematica del punto materiale in una dimensione. Grandezze vettoriali e cinematica del punto in due e tre dimensioni. Principi della dinamica, definizione di forza e di massa. Forze fondamentali e leggi di forza. Forze macroscopiche di contatto, leggi di forza empiriche o condizioni vincolari. Problemi notevoli: moto balistico, piano inclinato, caduta in fluido viscoso, oscillatore armonico, pendolo semplice. Grandezze fisiche conservate e loro variazioni: quantità di moto, impulso; lavoro, energia cinetica e legame con lavoro, forze conservative, energia potenziale, teorema di conservazione dell'energia meccanica; momento angolare e momento delle forze. Moti relativi, sistemi di riferimento inerziali, forze apparenti. Dinamica dei sistemi di punti materiali: equazioni cardinali, centro di massa, leggi di conservazione, teoremi di Koenig. Elementi di dinamica del corpo rigido, rotazioni attorno ad asse fisso, urti. Elementi di statica e dinamica dei fluidi. Oscillazioni forzate e risonanza. Cenni sul moto dei pianeti. Temperatura e calore, primo principio della termodinamica. Gas ideali. Secondo principio della termodinamica (solo enunciato).</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: NESSUNA   |                          |
| Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni   |                          |
| Materiale didattico: Libro di riferimento (indicato dal docente anno per anno), eventuali appunti integrativi, esercizi svolti.  |                          |
| Modalità di esame: Prova scritta e orale   |                          |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Insegnamento: Disegno Tecnico Industriale   |                          |
| Modulo:   |                          |
| Anno di corso: 2  | Semestre: 1              |
| Codice: 00137   | SSD: ING-IND/15          |
| CFU: 6  | Ore: 48                  |
| Ore di lezione: 24  | Ore di esercitazione: 24 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/>         Interpretare disegni tecnici, valutando forma, funzione, lavorabilità, finitura superficiale e tolleranze dimensionali. Capacità di rappresentare disegni costruttivi di particolari e disegni d'assieme di montaggi semplici, nel rispetto della normativa internazionale. Conoscenze di base sulla documentazione tecnica di prodotto, dalla fase di progettazione concettuale alla fase di collaudo.</p>  |                          |
| <p>Contenuti:<br/>         Comunicazione tecnica nel ciclo di sviluppo prodotto. Standardizzazione e normazione. Metodi di proiezione. Sezioni: rappresentazione delle zone sezionate; disposizione delle sezioni. Esecuzione delle sezioni; sezioni di particolari elementi; sezione di oggetti simmetrici; sezioni in luogo; sezioni in vicinanza; sezioni interrotte. Quotatura. Disposizione delle quote. Quotatura funzionale, tecnologica e di collaudo. Tolleranze dimensionali. Dimensioni limite, scostamenti e tolleranze. Gradi di tolleranza normalizzati; scostamenti fondamentali; sistemi di accoppiamenti. Accoppiamenti raccomandati; tolleranze dimensionali generali. Controllo delle tolleranze dimensionali e calibri. Calcolo di tolleranze e di accoppiamenti. Errori microgeometrici. Rugosità superficiale. Criteri di unificazione. Sistemi di filettature e loro designazione. Rappresentazione degli elementi filettati. Rappresentazione dei collegamenti filettati. Rappresentazione di collegamenti con vite mordente, vite prigioniera e con bullone. Dispositivi anti-svitamento spontaneo. Classi di bulloneria. Collegamenti smontabili non filettati. Chiavette, linguette, spine e perni, accoppiamenti scanalati; chiavette trasversali, anelli di sicurezza e di arresto. Collegamenti fissi; rappresentazione di chiodature e rivettature; rappresentazione e designazione delle saldature. Riconoscimento di caratteristiche geometriche. I riferimenti per le tolleranze geometriche. Cenni alle proprietà meccaniche dei materiali. Elaborazione di disegni costruttivi, di difficoltà crescente, di componenti, di dispositivi meccanici e di apparecchiature chimiche.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: NESSUNA  |                          |
| Metodo didattico: lezioni frontali, esercitazioni guidate, discussione e confronto di casi studio   |                          |
| <p>Materiale didattico:<br/>         Libri di testo, norme UNI, ISO, EN. Temi di esercitazione e tutorial disponibili sul sito docente.<br/>         Lanzotti. A., Disegno Tecnico Industriale, MOOC, <a href="http://www.federica.eu">www.federica.eu</a></p>  |                          |
| <p>Modalità di esame:<br/>         Valutazione degli elaborati grafici svolti durante le esercitazioni, prova grafica personalizzata e colloquio finale</p>   |                          |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Insegnamento: <b>Chimica Organica</b>   |                          |
| Modulo:   |                          |
| Anno di corso: 2  | Semestre: 1              |
| Codice: 00015   | SSD: CHIM/06             |
| CFU: 9  | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 60  | Ore di esercitazione: 12 |
| <p><b>Obiettivi formativi:</b><br/> Il corso mira a fornire allo studente le conoscenze di base sulle caratteristiche e reattività delle principali classi di composti organici, con particolare riferimento a quelle di maggiore interesse nelle produzioni industriali chimiche. Lo studente saprà riconoscere e classificare le diverse sostanze organiche, prevedendone le caratteristiche chimico-fisiche e di reattività in funzione della loro struttura; conoscerà inoltre i principali meccanismi di reazioni organiche. Lo studente acquisirà quindi consapevole autonomia di giudizio con riferimento alla valutazione di composti e reazioni chimiche.</p>  |                          |
| <p><b>Contenuti:</b><br/> Richiamo dei concetti fondamentali della chimica generale: struttura atomica, orbitali molecolari, legame chimico, formule di struttura.<br/> Introduzione ai composti organici: nomenclatura dei sostituenti alchilici, degli alcani, cicloalcani, alogenuri alchilici; proprietà fisiche degli alcani, alogenuri alchilici, alcoli, eteri, ammine; conformazione degli alcani e cicloalcani. Cenni sulla lavorazione del petrolio. Interazioni intermolecolari.<br/> Alcheni. Nomenclatura e struttura degli alcheni; isomeria cis/trans; stabilità relative degli alcheni. Nomenclatura e struttura degli alchini. Reazioni degli alcheni e degli alchini: addizione di un acido alogenidrico, di acqua, di idrogeno. Stabilità relative degli alcheni e meccanismi di reazione, diagrammi di reazione, stabilità dei carbocationi, regioselettività nelle reazioni di addizione elettrofila. Dieni coniugati. Poliени in natura.<br/> Stereoisomeria configurazionale. Chiralità. Enantiomeri e diastereoisomeri.<br/> Reazioni di sostituzione ed eliminazione degli alogenuri alchilici: meccanismi di reazioni SN2 / SN1 e fattori che le influenzano; prodotti di eliminazione (meccanismi E2 / E1 e fattori che le influenzano); competizione tra sostituzione ed eliminazione. Reazioni di alcoli, eteri ed alogenuri alchilici.<br/> Struttura e stabilità del benzene. Risonanza. Composti aromatici monociclici ed eterociclici . Reazioni di sostituzione elettrofila aromatica. Acidi e basi. Acidità di fenoli.<br/> Ammine. Basicità e nucleofilicità delle ammine. I sali di ammonio quaternari. Sali di aril diazonio.<br/> Composti carbonilici. Nomenclatura e proprietà di aldeidi, chetoni, acidi carbossilici, esteri e ammidi. Reazioni di addizioni nucleofila acilica (aldeidi e chetoni), reazioni di sostituzione nucleofila acilica (acidi carbossilici e derivati), idrolisi di esteri e ammidi, reazione con lo ione idruro (riduzioni). Acidità degli idrogeni in alfa al carbonile: la tautomeria cheto-enolica e la chimica degli enolati. Alchilazione di ioni enolato; addizione aldolica e disidratazione (condensazione aldolica). La condensazione di Claisen. La sintesi malonica. La sintesi acetacetica.<br/> Carboidrati e lipidi. Amminoacidi, peptidi e proteine.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Chimica  |                          |
| Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni  |                          |
| <p><b>Materiale didattico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• McMurry, Chimica Organica, Ec. Piccin</li> <li>• Solomons Graham TW, Fryhlem Craig B, Chimica organica, Ed. Zanichelli</li> <li>• Brown William H., Foote Christopher, CHIMICA ORGANICA, Ed. EDISES.</li> <li>• Bruice P. Y. CHIMICA ORGANICA, Ed. EdISES</li> <br/> <li>• M.V. D'Auria, O. Tagliatela Scafati, A. Zampella, Guida ragionata allo svolgimento di esercizi di chimica organica. Loghìa Editore</li> <li>• Cacchi S, Nicotra F., ESERCIZI DI CHIMICA ORGANICA, Ed. AMBROSIANA</li> </ul>  |                          |
| Modalità di esame: Prova orale  |                          |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Insegnamento: Fisica Generale II  |                          |
| Modulo:   |                          |
| Anno di corso: 2  | Semestre: 1              |
| Codice: 00117   | SSD: FIS/01              |
| CFU: 6  | Ore: 48                  |
| Ore di lezione: 36  | Ore di esercitazione: 12 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/>Lo studente acquisirà i concetti fondamentali dell'Elettromagnetismo, privilegiando gli aspetti fenomenologici e metodologici. Acquisirà inoltre una abilità operativa consapevole nella risoluzione di semplici esercizi numerici.</p>   |                          |
| <p>Contenuti:<br/>Interazione elettrica. Il principio di conservazione della carica elettrica. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione. Campo elettrico. Potenziale elettrostatico. Potenziale di dipolo. Forza risultante e momento risultante su un dipolo posto in un campo esterno. Flusso di un campo vettoriale. Legge di Gauss. Il campo elettrico in presenza di conduttori. Condensatori. Densità di energia del campo elettrico. Cenni sull'elettrostatica nei dielettrici. Correnti continue. Legge di Ohm. Legge di Joule. Forza elettromotrice di un generatore. Leggi di Kirchhoff. Circuito RC. Interazione magnetica. Forza di Lorentz. Forza su un conduttore percorso da corrente. Momento meccanico su una spira. Moto di una carica in un campo magnetico uniforme. Il campo magnetico generato da correnti stazionarie. Il campo di una spira a grande distanza. Il momento magnetico di una spira. La legge di Gauss per il magnetismo. Il teorema della circuitazione di Ampere. Cenni sulla magnetostatica nei mezzi materiali. Legge di Faraday. Coefficienti di Auto e Mutua induzione. Circuito RL. Densità di energia del campo magnetico. Corrente di spostamento. Equazioni di Maxwell. onde elettromagnetiche. Interferenza. Cenni di Ottica geometrica</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Fisica I   |                          |
| Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni  |                          |
| <p>Materiale didattico:<br/>Libro di testo (indicato dal docente anno per anno), eventuali appunti integrativi, esercizi svolti basati su esami degli anni precedenti</p>   |                          |
| <p>Modalità di esame:<br/>Prova scritta e orale</p>   |                          |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Insegnamento: Fisica Matematica   |                          |
| Modulo:   |                          |
| Anno di corso: 2  | Semestre: 1              |
| Codice: 04959   | SSD: MAT/07              |
| CFU: 9  | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 62  | Ore di esercitazione: 10 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/>         Acquisire i concetti e i principi generali che rappresentano la base scientifica di numerosi e significativi modelli matematici dell'Ingegneria. Dimostrare la capacità di applicazione di queste conoscenze alla risoluzione di problemi elementari di evoluzione e dell'equilibrio.</p>  |                          |
| <p>Contenuti:<br/>         Cenni di algebra vettoriale e tensoriale. Campi di vettori equivalenti e proprietà dei momenti. Geometria delle masse. Cinematica dei sistemi rigidi. Cenni all'asse di moto e teorema di Mozzi. Cinematica relativa. Vincoli. Grado di libertà e coordinate lagrangiane. Classe degli spostamenti. Analisi cinematica di vincoli agenti su corpi rigidi e su strutture piane. Le leggi di Newton e la meccanica del punto. Lavoro. Potenziale ed energia. Reazioni vincolari e proprietà sperimentali dei vincoli di appoggio o di appartenenza. Leggi dell'attrito. Principio delle reazioni vincolari. Concetti generali della Meccanica dei sistemi e teoremi generali. Vibrazioni libere e oscillazioni forzate. Fenomeni di risonanza. Analogie tra modelli elettrici, chimici e meccanici. Equazioni cardinali della Statica Il calcolo delle reazioni vincolari, risoluzione di strutture piane soggette a carichi distribuiti o concentrati. Calcolo degli sforzi nelle travature, metodo dei nodi e metodo delle sezioni di Ritter. Principio dei lavori virtuali e sue applicazioni. La trasformata di Laplace: regole di calcolo ed applicazioni. Rappresentazione Euleriana e Lagrangiana del moto. Elementi di Meccanica dei sistemi continui.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Analisi Matematica I, Geometria ed Algebra   |                          |
| Metodo didattico: Lezioni frontali  |                          |
| <p>Materiale didattico:<br/>         - Levi Civita , Amaldi U - Lezioni Di Meccanica Razionale vol I, vol II ,Complementi alle Lezioni (2013) Ed CompoMat.<br/>         - Appunti del corso.<br/>         - Materiale didattico reperibile sul sito web-docenti</p>   |                          |
| Modalità di esame: prova orale  |                          |



|  |                          |
|--|--------------------------|
| Insegnamento: Elettrotecnica   |                          |
| Modulo:  |                          |
| Anno di corso: 2   | Semestre: 2              |
| Codice: 52136  | SSD: ING-IND/31          |
| CFU: 9   | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 48   | Ore di esercitazione: 24 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/> Obiettivo del corso è l'acquisizione delle nozioni fondamentali che mettano l'ingegnere industriale ("non elettrico") nella condizione di utilizzare e gestire correttamente impianti e macchine elettriche dei tipi più diffusi nella ordinaria realtà produttiva.</p>   |                          |
| <p>Contenuti:<br/> Metodi di analisi delle reti elettriche nei regimi stazionario, sinusoidale e dinamico. Principio di funzionamento, caratteristiche costruttive, proprietà operative, modalità di impiego e principali peculiarità delle fondamentali macchine elettriche: trasformatore, motore asincrono (o "ad induzione"), macchina a collettore (o "a corrente continua"). Fondamenti e peculiarità delle misure elettriche con riferimento alle tipologie, alle principali cause di errore e alle "qualità" degli strumenti di misura. Principio di funzionamento e caratteristiche costruttive e di impiego delle più diffuse "famiglie" di strumenti di misura: magnetoelettrici, elettromagnetici ed elettrodinamici, con cenni al principio di funzionamento degli strumenti digitali o "a conversione" di tempo. Nozioni di base sugli impianti elettrici e la loro gestione (apparecchi di manovra e protezione).</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Analisi Matematica II & Fisica II   |                          |
| Metodo didattico: Lezione frontale con l'ausilio di alcune proiezioni utili ad illustrare componenti, macchine e strumenti elettrici.  |                          |
| Materiale didattico:<br>Testo: Giulio Fabricatore "ELETTROTECNICA ED APPLICAZIONI" Liguori editore   |                          |
| Modalità di esame:<br>L'esame orale è preceduto da una breve prova scritta il cui superamento è preclusivo   |                          |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Insegnamento: Scienza e Tecnologia dei Materiali  |                          |
| Modulo:   |                          |
| Anno di corso: 2  | Semestre: 2              |
| Codice: 00119   | SSD: ING-IND/22          |
| CFU: 9  | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 54  | Ore di esercitazione: 18 |
| <b>Obiettivi formativi</b><br>Il corso intende fornire agli studenti di Ingegneria Chimica le conoscenze fondamentali sulla struttura, sulla microstruttura, sulle proprietà e sui processi di produzione dei principali materiali d'interesse ingegneristico, sia di tipo strutturale che di tipo funzionale. Tali conoscenze costituiscono necessario requisito per la progettazione dei materiali e per il loro corretto impiego.  |                          |
| <b>Contenuti</b><br>Costituzione dei materiali. Proprietà chimiche, fisiche, meccaniche ed elettriche dei materiali e loro dipendenza dalla natura delle fasi costituenti e dalla microstruttura. Porosità e sua influenza sulle proprietà dei materiali.<br>I solidi e le loro trasformazioni. Struttura dei solidi ideali. Difetti. Solidi non cristallini: stato vetroso. Transizioni in fase condensata: aspetti termodinamici e cinetici. Nucleazione omogenea ed eterogenea. Transizioni solido-solido, di spostamento e ricostruttive. Diagrammi di stato: significato, limiti, impiego.<br>Produzione, impiego e durabilità dei materiali. Interazione dei materiali con gli ambienti naturali o industriali di pertinenza.<br>Materiali metallici: produzione e proprietà in relazione con le strutture. Ferro, alluminio, rame e loro leghe.<br>Materiali ceramici strutturali. Processi e meccanismi di consolidamento di impasti ceramici. Il processo di sinterizzazione. Materiali ceramici convenzionali a pasta porosa (laterizi) e a pasta compatta (porcellane).<br>Rivestimenti. Ceramici per alte temperature: refrattari e refrattarietà. Materiali vetrosi. Induzione del processo di cristallizzazione in un vetro: vetroceramiche. Materiali leganti. Leganti aerei (calce, gesso) ed idraulici (calci idrauliche e cementi). Cenni sui materiali microporosi. Zeoliti: proprietà, impieghi.<br>Materiali organici. Polimeri e polimerizzazione. Resine termoplastiche e termoindurenti. Elastomeri. Relazioni struttura-proprietà. Processi di produzione. |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Chimica  |                          |
| <b>Metodo didattico</b><br>Lezioni; esercitazioni calcolative.  |                          |
| <b>Materiale didattico:</b><br>Materiale didattico scaricabile dal sito docente<br>C. Colella, D. Caputo – Introduzione alla scienza e tecnologia dei materiali. Vol.1 I solidi, De Frede<br>W. D. Callister – Scienza e ingegneria dei materiali. Una introduzione, Edises<br>W. F. Smith, J. Hashemi - Scienza e tecnologia dei materiali, McGraw-Hill<br>J. F. Shackelford – Scienza e ingegneria dei materiali, Pearson-Prentice Hall<br>AA.VV. – Manuale dei materiali per l'ingegneria, a cura di AIMAT, McGraw-Hill<br>C. Brisi – Lezioni di chimica applicata, Levrotto & Bella   |                          |
| <b>Modalità di esame</b><br>Prove scritte in itinere o prova scritta e colloquio per i frequentanti; prova scritta e colloquio per i non frequentanti.  |                          |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Insegnamento: Termodinamica   |                          |
| Modulo:   |                          |
| Anno di corso: 2  | Semestre: 2              |
| Codice: 11653   | SSD: ING-IND/24          |
| CFU: 12   | Ore: 96                  |
| Ore di lezione: 60  | Ore di esercitazione: 36 |
| <p>Obiettivi formativi:</p> <p>Sapere: Fornire i concetti fondamentali relativamente ai principi della termodinamica, ai processi elementari dei cicli termodinamici, agli equilibri tra fasi, sia per sostanze pure che per miscele, ed agli equilibri chimici di interesse per l'ingegneria chimica.</p> <p>Saper fare: Risoluzione di problemi di bilancio di materia e di energia. Utilizzo di diagrammi e tabelle per la determinazione di proprietà termodinamiche e per calcoli relativi a cicli frigoriferi e di potenza. Risoluzione di problemi riguardanti equilibri di fase e di reazione.</p>  |                          |
| <p>Contenuti:</p> <p>Bilanci di materia. Sistemi chiusi e sistemi aperti. Bilanci di energia. Calore e lavoro. Primo principio della termodinamica. Energia interna. Entalpia. Calore specifico. Passaggi di stato e calore latente.</p> <p>Il gas perfetto. Compressione isoterma e adiabatica di un gas perfetto. Alcuni diagrammi di stato di sostanze pure. Calcoli di processo per sostanze pure sul diagramma di stato. Il calore di reazione e la sua dipendenza dalla temperatura. Calori di formazione e di combustione. Il reattore adiabatico.</p> <p>Processi reversibili e irreversibili. Il secondo principio della termodinamica e l'entropia. Cicli termodinamici di potenza e cicli frigoriferi. Calcoli relativi a cicli termodinamici sui diagrammi di stato.</p> <p>L'energia libera e l'equilibrio di fase. Le miscele ideali e l'equilibrio liquido-vapore di miscele ideali. La laminazione di miscele. La solubilità dei gas nei liquidi e la legge di Henry. Diagrammi di stato di miscele. La lacuna di miscibilità. Equilibri liquido-liquido. La regola delle fasi.</p> <p>Gli equilibri di reazione. Il calcolo della costante di equilibrio. La sua dipendenza dalla temperatura. Il reattore e il calcolo del grado di conversione all'equilibrio. La dipendenza del grado di conversione dalla pressione e dalle condizioni di alimentazione.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: NESSUNA  |                          |
| Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni  |                          |
| <p>Materiale didattico:</p> <p>J. M. Smith e H. C. Van Ness, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, McGraw-Hill</p> <p>Materiale didattico scaricabile dal sito web docente</p>   |                          |
| <p>Modalità di esame:</p> <p>Prova scritta</p>  |                          |

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Insegnamento: Fondamenti di Chimica Industriale   |                          |
| Modulo:   |                          |
| Anno di corso: 3  | Semestre: 1              |
| Codice: 12384   | SSD: ING-IND/27          |
| CFU: 9  | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 40  | Ore di esercitazione: 32 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/> Mettere lo studente in condizioni di:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>giustificare la scelta degli stadi attraverso cui si realizza un processo chimico (preparazione dell'alimentazione, reattori, operazioni di separazione e purificazione dei prodotti, operazioni di riciclo, operazioni di controllo degli inquinanti);</li> <li>tracciare il diagramma di flusso di processo completo con indicazioni quantitative sulle condizioni operative delle apparecchiature che compongono i singoli stadi e sulle correnti di flusso;</li> <li>impostare e risolvere bilanci di materia e di energia, conti di termodinamica e cinetica applicata in relazione a diagrammi di flusso e diagrammi a blocchi.</li> </ol>  |                          |
| <p>Contenuti:<br/> Diagrammi a blocchi e diagrammi di flusso di processo: analisi qualitativa e quantitativa dei processi.<br/> Materie prime e principali linee di produzione dell'industria chimica.<br/> Termodinamica applicata alle reazioni dell'industria chimica: equilibri chimici di sistemi reagenti complessi; conversione, selettività e resa; calcolo delle rese termodinamiche e scelta delle condizioni operative.<br/> Cinetica applicata - la catalisi nelle reazioni dell'industria chimica: definizioni e relazioni di tipo cinetico; deduzione delle equazioni di velocità di reazione; principali tipologie di catalizzatori industriali, loro caratteristiche e campi di impiego.<br/> Metodi di separazione/purificazione: principali metodi di separazione e purificazione ed esame dei principi chimico-fisici che ne sono alla base; esempi di stadi di separazione/purificazione tipici nell'industria chimica.<br/> Processi rilevanti nell'industria chimica: processo di produzione di H<sub>2</sub> mediante steam reforming; processo di sintesi di NH<sub>3</sub>.<br/> Processi chimici sostenibili: processo di produzione del bio-diesel.<br/> Esercizi: bilanci materiali ed energetici sui diagrammi di flusso e diagrammi a blocchi di produzioni industriali.<br/> Calcoli di equilibri chimici e fisici e di cinetica chimica applicati agli stadi che compongono i processi chimici industriali. Analisi quantitativa delle condizioni operative dei processi di produzione di H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> e bio-diesel.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Termodinamica  |                          |
| Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni  |                          |
| <p>Materiale didattico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Appunti del corso</li> <li>- Principi della Chimica Industriale, G. Natta, vol.1, 2 e 3.</li> <li>- Elementary Principles of Chemical Processes; Richard M. Felder, Ronald W. Rousseau, John Wiley &amp; Sons, Inc. Third Edition, 2005</li> <li>- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2006</li> <li>- Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes, Turton R., Bailie R., Whiting W., Shaeiwitz J., 2009 Prentice Hall Edition</li> </ul>  |                          |
| <p>Modalità di esame:<br/> Prova scritta</p>  |                          |

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Insegnamento: Macchine   |                          |
| Modulo:  |                          |
| Anno di corso: 3   | Semestre: 1              |
| Codice: 07706  | SSD: ING-IND/08          |
| CFU: 9   | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 52   | Ore di esercitazione: 20 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/>L'insegnamento fornisce le conoscenze di base relative ai sistemi di conversione dell'energia con particolare riferimento agli impianti motori primi termici e alle macchine motrici e operatrici. Si affrontano con approccio termo-fluidodinamico le problematiche tecnologico-impiantistiche, e si illustrano le caratteristiche operative degli impianti per la produzione di energia, e delle macchine. Vengono individuati i criteri di massima per la selezione dei sistemi di potenza anche cogenerativi, tenendo in debito conto i vincoli di efficienza, ingombro, costo e impatto ambientale.</p>   |                          |
| <p>Contenuti:<br/>Risorse e fabbisogni energetici. Rendimento globale di un impianto motore termico, consumo specifico di combustibile, catena dei rendimenti, rendimenti di compressione ed espansione. Impianti motori con turbina a vapore, cicli di riferimento, metodi per aumentare la potenza e il rendimento; analisi dei principali componenti. Apparecchiature per la produzione di energia termica. Impianti motori con turbina a gas, cicli di riferimento, metodi per aumentare la potenza e il rendimento. Impianti a ciclo combinato gas-vapore. Motori alternativi a combustione interna, cicli di riferimento, potenza, regolazione e caratteristiche di funzionamento. Sistemi cogenerativi, indici di prestazione e caratteristiche di funzionamento. Meccanismi di trasferimento del lavoro nelle macchine dinamiche e volumetriche. Macchine dinamiche e volumetriche, operatrici e motrici. Pompe, compressori e ventilatori; caratteristiche di funzionamento e di esercizio; criteri di selezione.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Termodinamica   |                          |
| Metodo didattico: Lezioni, Esercitazioni calcolative, Esperienze di laboratorio  |                          |
| <p>Materiale didattico:<br/>Materiale didattico scaricabile dal sito docente<br/>- O. Vocca: "Lezioni di Macchine", ed. Liguori<br/>- R. della Volpe: "Macchine", ed. Liguori<br/>- R. della Volpe: "Esercizi di Macchine", ed. Liguori<br/>- R. della Volpe: "Analisi energetica ed exergetica della compressione e della espansione. Rendimenti", ed. Liguori<br/>- G. Lozza: "Turbine a gas e cicli combinati", ed. Esculapio<br/>- O. Acton: "Turbomacchine", ed. UTET<br/>- R. della Volpe e M. Migliaccio, "Motori a Combustione Interna", ed. Liguori<br/>- C. d'Amelio: "Elementi di Turbine a Vapore", ed. Liguori</p>  |                          |
| <p>Modalità di esame:<br/>Prova scritta e orale</p>  |                          |

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Insegnamento: Principi d'Ingegneria Chimica  |                          |
| Modulo:  |                          |
| Anno di corso: 3   | Semestre: 1              |
| Codice: 09145  | SSD: ING-IND/24          |
| CFU: 12  | Ore: 96                  |
| Ore di lezione: 64   | Ore di esercitazione: 32 |
| <p>Obiettivi formativi:</p> <p>Sapere: concetti fondamentali dei fenomeni di trasporto di quantità di moto, di calore, di materia, in assenza e in presenza di reazioni chimiche, attraverso la scrittura delle corrispondenti equazioni di bilancio corredate delle appropriate equazioni costitutive di trasporto.</p> <p>Saper fare: Valutazione di ordini di grandezza e stima dei parametri fisici e delle grandezze in gioco in problemi di trasporto. Risoluzione di problemi di trasporto basati su equazioni di bilancio microscopico o macroscopico e che prevedano la risoluzione di equazioni algebriche e/o differenziali.</p>  |                          |
| <p>Contenuti:</p> <p>Cenni di geometria dello spazio. Vettori. Tensori. Geometria differenziale. Campi scalari e vettoriali.</p> <p>Trasporto della quantità di moto. Equazioni di continuità, bilancio della quantità di moto e del suo momento.</p> <p>Equazioni costitutive. Il fluido newtoniano. Fluidi non-newtoniani. Equazione di Navier-Stokes. Turbolenza, stress di Reynolds. Equazione dell'energia meccanica.</p> <p>Trasporto di calore. Equazione di bilancio di energia. Meccanismi del trasporto di calore. Legge di Fourier.</p> <p>Trasporto di materia. Bilanci con più di una specie chimica. Generazione per reazione chimica. Meccanismi del trasporto di materia. Legge di Fick.</p> <p>Adimensionalizzazione delle equazioni di bilancio. Gruppi adimensionali e loro significato fisico. Ordini di grandezza.</p> <p>Trasporto tra le fasi. Coefficienti di trasporto. Teorie dello strato limite.</p> <p>Bilanci macroscopici. Coefficienti globali di trasporto. Applicazioni a problemi dell'ingegneria chimica e affini. Moto intorno a oggetti sommersi. Moto in tubi. Moto in letti di particelle. Impianti per il trasporto di fluidi. Trasporto di calore in mezzi solidi. Convezione forzata e naturale di calore. Reattori chimici ideali (cenni). Trasporto di materia con reazione chimica. Catalizzatori porosi.</p> <p>Problemi di trasporto simultaneo di calore, materia e quantità di moto.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Termodinamica   |                          |
| Metodo didattico: lezioni ed esercitazioni   |                          |
| <p>Materiale didattico:</p> <p>Materiale didattico scaricabile dal sito docente</p> <p>Bird, Stewart, Lightfoot, Fenomeni di Trasporto, Editore CEA</p> <p>Denn, Process Fluid Mechanics, Prentice Hall</p>  |                          |
| <p>Modalità di esame:</p> <p>Prova scritta</p>   |                          |

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>Insegnamento:</b> Identificazione e Simulazione di Processi Chimici  |                                 |
| <b>Modulo:</b>  |                                 |
| <b>Anno di corso:</b> 3   | <b>Semestre:</b> 2              |
| <b>Codice:</b> U1411  | <b>SSD:</b> ING-IND/26          |
| <b>CFU:</b> 9   | <b>Ore:</b> 72                  |
| <b>Ore di lezione:</b> 40   | <b>Ore di esercitazione:</b> 32 |
| <p><b>Obiettivi formativi:</b><br/> Il corso fornisce agli allievi le conoscenze di base sull'identificazione parametrica, sulla modellistica matematica e sulla simulazione numerica di processi chimici. Obiettivi formativi del corso sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- collegamento tra modelli matematici di processi ed esperimenti,</li> <li>- utilizzo di metodologie statistiche per l'identificazione parametrica relativa a modelli matematici di processi chimici,</li> <li>- implementazione di metodi numerici per la simulazione di modelli matematici di processi chimici espressi in termini di sistemi di equazioni algebriche lineari e non lineari e di sistemi di equazioni differenziali ordinarie.</li> </ul>   |                                 |
| <p><b>Programma:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelli matematici e misure sperimentali: modelli che coinvolgono fenomeni di trasporto e reazioni chimiche.</li> <li>- Esperimenti deterministici e aleatori, modelli degli esperimenti, condizioni sperimentali e variabili misurate. Variabili deterministiche e variabili aleatorie.</li> <li>- Modelli di variabili aleatorie. Funzioni di probabilità. Media, varianza e altri momenti.</li> <li>- Tipi di variabili e parametri. Modelli lineari e non lineari nei parametri. Problemi della stima dei parametri e della discriminazione tra modelli alternativi.</li> <li>- Metodi di stima dei parametri: minimi quadrati, minimi quadrati pesati e massima verosimiglianza.</li> <li>- Cenni di programmazione della sperimentazione.</li> <li>- Richiami sui modelli matematici di processi chimici.</li> <li>- Introduzione alla simulazione numerica di processi chimici. Metodi per la soluzione di modelli espressi da sistemi di equazioni algebriche lineari e non lineari. Metodi per l'integrazione numerica di sistemi di equazioni differenziali ordinarie. Cenni sulla stabilità numerica.</li> </ul> |                                 |
| <b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b> Termodinamica, Principi di Ingegneria Chimica   |                                 |
| <b>Metodo didattico:</b> lezioni frontali, esercitazioni interattive con l'utilizzo di software per la soluzione dei problemi proposti (ad esempio, MATLAB)   |                                 |
| <b>Materiale didattico:</b> dispense delle lezioni, selezione di testi consigliati per ogni argomento   |                                 |
| <b>Modalità di esame:</b> prova scritta con l'ausilio del computer  |                                 |

|  |                          |
|--|--------------------------|
| Insegnamento: Impianti Chimici   |                          |
| Modulo:  |                          |
| Anno di corso: 3   | Semestre: 2              |
| Codice: 05846  | SSD: ING-IND/25          |
| CFU: 9   | Ore: 72                  |
| Ore di lezione: 42   | Ore di esercitazione: 30 |
| <p>Obiettivi formativi:<br/> Analisi di schemi complessi di apparecchiature ricorrenti nell'industria di trasformazione. Conoscenza delle equazioni caratteristiche di funzionamento delle apparecchiature unitarie e delle apparecchiature accessorie.</p>  |                          |
| <p>Contenuti:<br/> Schemi di processo. Rassegna delle caratteristiche funzionali e costruttive di apparecchiature ricorrenti nell'industria di trasformazione.<br/> Valvole, pompe e apparecchiature per la misura e il controllo di flusso.<br/> Scambio termico. Scambiatori di calore a superficie: a tubi concentrici, a tubi e mantello, a piastre. Scambiatori di calore con passaggio di fase e concentratori.<br/> Separazioni di fase basate sulla dinamica di sistemi polifasici: sedimentazione e ispessimento, filtrazione, cicloni, centrifugazione.<br/> Cenni sulla separazione di componenti basate sul contatto tra fasi eterogenee: assorbimento, adsorbimento, evaporazione e concentrazione a film sottile. Scambio simultaneo di materia e di calore: torri di raffreddamento.<br/> Separazione di componenti basate sulle differenti volatilità: apparecchiature per distillazione a due componenti.</p> |                          |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Termodinamica & Principi d'Ingegneria Chimica   |                          |
| Metodo didattico: Lezioni ed esercitazioni   |                          |
| <p>Materiale didattico:<br/> - W. McCabe, J. Smith, P. Harriott, Unit Operations of Chemical Engineering, McGraw-Hill Science (2000)<br/> - A.S. Foust, L.A. Wenzel, C.W. Clump, L. Maus, L.B. Anderson, Principles of Unit Operations, 2nd Edition, John Wiley &amp; Sons, New York. 1980.</p>  |                          |
| <p>Modalità di esame:<br/> Prova scritta</p>   |                          |



|   |                       |
|---|-----------------------|
| Insegnamento: Ingegneria delle Reazioni Chimiche  |                       |
| Modulo:   |                       |
| Anno di corso: 3  | Semestre: 1           |
| Codice: 05998   | SSD: ING-IND/25       |
| CFU: 6  | Ore: 48               |
| Ore di lezione:   | Ore di esercitazione: |
| <p>Obiettivi formativi:<br/>Presentare le problematiche e le tecniche relative alla progettazione ed all'esercizio dei reattori chimici limitatamente all'operazione stazionaria di sistemi reagenti caratterizzati da idealità di flusso.</p>  |                       |
| <p>Contenuti:<br/>Bilanci materiali e di energia su sistemi reagenti. Reattori ideali continui e discontinui e configurazioni basate sulla combinazione di questi. Ottimizzazione di sistemi di reazione per cinetiche diverse. Sviluppo di case studies.<br/>Reattori ideali operati in condizioni non isoterme. Impostazione delle equazioni di progetto nel caso generale e nel caso di operazione adiabatica. Sviluppo di case studies.<br/>Sistemi reagenti in presenza di reti di reazioni. Definizioni di resa e selettività globale ed impiego. Analisi di semplici reti di reazioni. Sviluppo di case studies.</p> |                       |
| Prerequisiti / Propedeuticità: Termodinamica  |                       |
| Metodo didattico: Lezioni, Esercitazioni calcolative, anche con l'ausilio del simulatore di processo (ASPEN +)  |                       |
| <p>Materiale didattico:<br/>- appunti del corso<br/>- O. Levenspiel, Chemical reactor engineering, Wiley NY (2000)</p>  |                       |
| <p>Modalità di esame:<br/>Prova scritta</p>   |                       |

## **Attività formative**

### **Parte 2 – Insegnamenti a scelta autonoma**

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Insegnamento:</b> Laboratorio di Ingegneria Chimica 1  |                                    |
| <b>Modulo:</b> A+B  |                                    |
| <b>Anno di corso:</b> 3   | <b>Semestre:</b> I                 |
| <b>Codice:</b> U3493  | <b>SSD:</b> ING-IND/24,26          |
| <b>CFU:</b> 3+3   | <b>Ore:</b> 24+24                  |
| <b>Ore di lezione:</b> 4+4  | <b>Ore di esercitazione:</b> 20+20 |
| <p><b>Obiettivi formativi:</b> Sviluppo di abilità di analisi di semplici problemi dell'Ingegneria Chimica (tipicamente equilibri chimico-fisici, fenomeni di trasporto, apparecchiature di processo e semplici sezioni di impianti) con l'ausilio di opportuni software di simulazione ed analisi dati (Aspen, Excel). Comprensione delle problematiche di misura, di raccolta dati ed analisi e dei problemi proposti. Acquisizione di abilità relativamente agli strumenti software impiegati. Le attività di laboratorio saranno condotte attraverso la formazione di gruppi di lavoro guidati da un tutore, ed adottando metodi didattici innovativi quali la flipped classroom.</p>   |                                    |
| <p><b>Programma:</b></p> <p>Introduzione a Microsoft Excel, Aspen Properties, Aspen Plus, modelli termodinamici, strumenti grafici, simulazione di operazioni unitarie e piccoli impianti, strumenti di analisi (sensitivity, design specification, optimization).</p> <p>Applicazione di nozioni apprese nel corso di termodinamica come: equazioni di stato, di equilibrio tra fasi (equilibrio liquido/vapore), bilanci di materia ed energia, cicli, macchine. Soluzione di problemi di fenomeni di trasporto monodimensionali in condizioni stazionarie e transitorie. Soluzione attraverso l'utilizzo di un approccio numerico. Utilizzo del software Aspen ed Excel per la elaborazione e presentazione delle simulazioni implementate.</p> <p>E' prevista la assegnazione di casi studio sul quale gli studenti dovranno preparare un elaborato che verrà discusso in sede di esame.</p> <p>Applicazioni di progettazione di impianti chimici. Sviluppo di Process Flow Diagrams (PFD) e Piping and Instrumentation Diagrams (P&amp;ID) di semplici sezioni di impianto. Utilizzo di Aspen Plus per la risoluzione dei bilanci di materia ed energia di piccole sezioni di impianto e per la valutazione dell'impatto delle principali variabili di processo. Assegnazione di case studies da sviluppare in gruppo.</p> |                                    |
| <b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b> nessuna   |                                    |
| <b>Metodo didattico:</b> Lavoro in gruppo guidato da tutor  |                                    |
| <p><b>Materiale didattico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Appunti del corso</li> <li>- K.I.M. Al-Malah. Aspen Plus, Chemical Engineering Applications. Wiley (2017)</li> <li>- J. Haydary. Chemical Process Design and Simulation, Aspen Plus and Aspen Hysys Applications. Wiley (2019)</li> <li>- R. Schefflan. Teach Yourself the Basics of Aspen Plus. Wiley (2011)</li> <li>- Bruce A. Finlayson. Introduction to Chemical Engineering Computing. Wiley (2012)</li> </ul>  |                                    |
| <b>Modalità di esame:</b> Presentazione e discussione di Casi Studio  |                                    |

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| <b>Insegnamento:</b> Laboratorio di Ingegneria Chimica 2   |                                    |
| <b>Modulo:</b> A+B   |                                    |
| <b>Anno di corso:</b> 3  | <b>Semestre:</b> II                |
| <b>Codice:</b> U3494 (FG), U3495 (SG)  | <b>SSD:</b> ING-IND/23,25,27       |
| <b>CFU:</b> 3+3  | <b>Ore:</b> 24+24                  |
| <b>Ore di lezione:</b> 4+4   | <b>Ore di esercitazione:</b> 20+20 |
| <p><b>Obiettivi formativi:</b> Sviluppo di abilità di analisi di semplici casi studio di progettazione di apparecchiature e di piccole sezioni di impianto approfondendo l'utilizzo di software di simulazione ed analisi dati (Aspen, Excel). Comprensione dei Piping and Instrumentation Diagram (P&amp;I). Acquisizione di abilità relativamente agli strumenti software ed alle tecniche progettuali impiegate. Acquisizione di capacità di lavoro in gruppo, di presentazione ed analisi critica di semplici lavori di progettazione di impianti chimici. Le attività saranno condotte attraverso la formazione di gruppi di lavoro guidati da un tutore, ed adottando metodi didattici innovativi quali la flipped classroom.</p>  |                                    |
| <p><b>Programma:</b></p> <p>Introduzione alla lettura ed allo sviluppo di Process Process Flow Diagrams (PFD) e Piping and Instrumentation Diagrams (P&amp;ID).</p> <p>Utilizzo di Aspen Plus per la risoluzione dei bilanci di materia ed energia di piccole sezioni di impianto e per la valutazione dell'impatto delle principali variabili di processo.</p> <p>Stima dei costi di costruzione ed esercizio di piccole sezioni di impianto.</p> <p>Sviluppo di semplici simulazioni di dinamica molecolare con l'obiettivo di ottenere risultati macroscopici della Termodinamica (ad esempio, l'equazione di stato dei gas perfetti) e dei Fenomeni di Trasporto (ad esempio il coefficiente di diffusione) su base microscopica e attraverso l'utilizzo di un approccio numerico. L'elaborazione e presentazione dei dati derivanti dalle simulazioni saranno implementate su Ipython-Jupyter notebook, dando così la possibilità agli studenti di familiarizzare con questa sempre più diffusa piattaforma multifunzionale.</p> <p>Assegnazione di case studies da sviluppare in gruppo su argomenti tipici dell'ingegneria chimica.</p> |                                    |
| <b>Prerequisiti / Propedeuticità:</b> nessuna  |                                    |
| <b>Metodo didattico:</b> Lavoro in gruppo su casi studio guidato da tutor  |                                    |
| <p><b>Materiale didattico:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Appunti del corso</li> <li>- K.I.M. Al-Malah. Aspen Plus, Chemical Engineering Applications. Wiley (2017)</li> <li>- J. Haydary. Chemical Process Design and Simulation, Aspen Plus and Aspen Hysys Applications. Wiley (2019)</li> <li>- R. Schefflan. Teach Yourself the Basics of Aspen Plus. Wiley (2011)</li> <li>- Bruce A. Finlayson. Introduction to Chemical Engineering Computing. Wiley (2012)</li> </ul>   |                                    |
| <b>Modalità di esame:</b> Presentazione e discussione di Casi Studio   |                                    |