

Biotechnologie industriali e Bioraffinazione [2202242]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: LUISA DI PAOLA

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Scopo del corso è fornire agli studenti gli strumenti fondamentali ai fini del progetto dei processi ed impianti nell'industria farmaceutica ed alimentare. Nella prima parte, il corso sarà dedicato all'integrazione delle conoscenze già acquisite e consolidate nel corso di Principi d'Ingegneria Chimica attraverso l'analisi delle applicazioni nel campo farmaceutico ed alimentare. La seconda parte del corso sarà dedicata all'analisi di processi biotecnologici chiave nei campi oggetto del corso, in modo da guidare gli studenti ad acquisire elementi pratici per la progettazione dei sistemi biotecnologici.

Lo studente, attraverso il corso, verrà stimolato a sviluppare un approccio critico verso l'elaborazione e la comprensione dei concetti attraverso una discussione dei concetti che sono risultati poco chiari. Lo student verrà anche sollecitato a testare indipendentemente la plausibilità delle soluzioni proposte.

Lo studente, infine, svilupperà un'abilità crescente ad apprendere attraverso un metodo di studio integrato fortemente con le lezioni ed esercitazioni, attraverso un'attiva partecipazione alle attività didattiche in presenza.

Prerequisiti

Nessuno.

Contenuti del corso

1. Fluidodinamica dei fluidi non-Newtoniani: paste, sospensioni cellulari;
2. Operazioni di upstream;
3. Operazioni a membrana;
4. Estrazione liquido solido;
5. Purificazione mediante cromatografia preparativa;
6. Sedimentazione e centrifugazione;
7. Trattazione monografica di processi biotecnologici nell'ambito farmaceutico ed alimentare.

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 verrà valutato per mezzo di prove orali e scritte, volte a valutare la capacità dello studente ad analizzare e progettare processi biotecnologici. La valutazione dipenderà complessivamente anche dalle abilità comunicative dello studente nell'espone in modo chiaro ed efficace la soluzione ai problemi pratici risolti. Verranno valutate positivamente l'utilizzo corretto degli elementi teorici e l'analisi organica dei sistemi oggetto delle prove. La prova scritta consiste nella risoluzione di due esercizi per la durata totale di 3 ore. La votazione è espressa in trentesimi e la soglia di ammissione all'orale è di 18/30. La prova orale riguarda l'esposizione della soluzione proposta a problemi di natura pratica ed è tesa a valutare la capacità dello studente di affrontare in modo consequenziale e logico la risoluzione di problemi pratici negli ambiti di interesse. La durata media della prova orale è di 60' e pesa nella valutazione complessiva al 50%. La votazione minima totale è di 18/30, quella massima è di 30/30 e lode.

Testi di riferimento

1. J. Bailey, D.F. Ollis (1986) "Biochemical Engineering Fundamentals", Ed. Mc Graw Hill;
2. P.M. Doran (2013) "Bioprocess engineering principles - 2nd Ed." Ed. Academic Press.
3. Dispense fornite dal docente.

Altre informazioni

Al termine del corso, lo studente sarà in grado di utilizzare conoscenze avanzate applicative riguardanti i processi biotecnologici, necessarie per progettare ed ottimizzare innovativi processi biotecnologici su scala industriale. Lo studente dovrà sviluppare una capacità di esporre chiaramente ed efficacemente tutti gli argomenti e le applicazioni sviluppati nell'ambito del corso. In particolare, l'esposizione dovrà essere organizzata in modo logico e consequenziale a partire dalle conoscenze necessarie a sviluppare la tematica richiesta.

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	CURRICULUM B -Tecnologie per l'Economia Circolare	9	ING-IND/24

Stampa del 14/07/2023

Cyber Security per Operational Technologies [2201233]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: LUCA FARAMONDI

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Il corso si prefigge di fornire al discente i principali concetti di cybersecurity al fine di consentirgli di introdurre tali elementi in fase di progetto, gestione, manutenzione e dismissione di un sistema cyber-fisico. Inoltre, il corso si propone di fornire le conoscenze di base di sicurezza delle reti informatiche e del software nel mondo delle Operational Technologies con particolare attenzione alla definizione di strategie di mitigazione delle minacce cyber.

Prerequisiti

Nozioni di programmazione di base.

Contenuti del corso

Parte I – Introduzione alle Operational Technologies (15% delle lezioni)

Richiami di automazione

Sistemi di controllo (richiami). Sensori ed attuatori (richiami). Sistemi SCADA. Controllori industriali.

Mezzi trasmissivi.

Operational Technology ed Information Technology

Architetture ed elementi caratteristici degli impianti. Gestione degli aggiornamenti. Dispositivi IoT ed IIoT.

Sicurezza dei processi e caratteristiche di integrità, disponibilità e confidenzialità dei dati.

Parte II – La Sicurezza delle reti informatiche. (40% delle lezioni)

Architetture di rete

Dispositivi di rete. Topologie di rete. Tecniche di commutazione. Gestione della comunicazione.

Protocolli di comunicazione

Protocolli della suite TCP-IP. Protocollo ModBUS. Standard OPC UA. Tecniche di Crittografia. Protocolli per l'invio delle email, SMTP e phishing.

Vulnerabilità delle reti e dei protocolli

Vulnerabilità dei protocolli industriali. Vulnerabilità delle reti wireless. Tecniche di attacco (ARP Spoofing, Man in the Middle, Denial of Service, Distributed Denial of Service).

Strumenti per Penetration Testing e Vulnerability Assessment

La distribuzione Kali Linux. Strumenti per simulazioni hardware in the loop. Mini net.

Soluzioni per il monitoraggio della rete

Firewalls, Intrusion detection Systems, Intrusion Prevention Systems. DMZ. Snort. Soluzioni Anomaly Based e Signature Based per l'identificazione delle minacce.

Parte III – La sicurezza del software (30% delle lezioni)

Vulnerabilità e minacce software. Security by Design. Approcci Design by Contract e Defensive programming. Code Injection. SQL Injection. Buffer Overflow. Privilege Escalation. Cross-Site Scripting. Vulnerabilità su piattaforme web.

Parte IV – Analisi delle Fonti Aperte (15% delle lezioni)

Social Engineering. Strumenti per indagini OSINT. Shodan.IO

Metodi didattici

Lezioni frontali sugli argomenti del corso (50%)

Esercitazioni in aula ed in laboratorio (40%)

Seminari con esperti (10%)

Modalità di verifica dell'apprendimento

Prova scritta e progetto di gruppo.

La prova scritta, della durata di 2 ore, ha come obiettivo l'implementazione di soluzioni per incrementare il livello di protezione di una rete informatica che presenta vulnerabilità. La prova prevede un esercizio orientato alla verifica dell'apprendimento del corretto funzionamento di una rete IT o OT con particolare riferimento al routing, al

subnetting e al riconoscimento del traffico di rete. La prova scritta prevede inoltre due domande aperte circa gli effetti di una minaccia cyber in un particolare contesto informatico ed una analisi di possibili vantaggi e svantaggi circa l'applicazione di diverse soluzioni per la mitigazione di tale minaccia.

L'elaborato progettuale di gruppo (massimo 4 persone) consisterà nell'analisi del traffico di rete di una infrastruttura fornita agli studenti in ambiente emulato (Mini net). Ai discenti sarà richiesto di impostare le attività di penetration testing e vulnerability assessment al fine di identificare le problematiche presenti sulla rete e di proporre una soluzione basata su firewall o intrusion detection/prevention systems per la mitigazione del rischio cyber. Sarà richiesta infine una presentazione di gruppo che evidenzii le motivazioni che sono alla base delle scelte effettuate per la realizzazione del progetto. Le linee guida per il progetto di gruppo sono consegnate agli studenti un mese prima del termine delle lezioni.

Testi di riferimento

Materiale didattico di supporto all'apprendimento

Dispense del docente

Articoli Scientifici

Testi di Consultazione

James F. Kurose, Keith W. Ross "Internet e Reti di Calcolatori" Pearson Education.

C. P. Pfleeger, S. L. Pfleeger, J. Margulies: "Security in Computing, 5th Edition", Prentice Hall, 2015

Charles J. Brooks, Christopher Grow, Philip Craig, Donald Short, "Cybersecurity Essentials", Sybex Inc, 2018

Altre informazioni

- Conoscenza e comprensione delle similitudini e delle principali differenze tra il contesto OT ed IT e dei principali protocolli di comunicazione nelle reti industriali e loro vulnerabilità.

Conoscenza e comprensione dei legami funzionali tra processi fisici industriali e sicurezza dell'infrastruttura informatica che la caratterizza

Conoscenza e comprensione delle principali tecniche di penetration testing e vulnerability assessment

Conoscenza delle principali soluzioni per la realizzazione di software sicuro e reti resistenti ad attacchi informatici.

- Capacità di apprendimento dell'evoluzione delle minacce cyber nel contesto OT.

- Capacità di applicare conoscenza e comprensione relativa alla progettazione di infrastrutture di rete e software per applicazioni OT minimizzando il rischio cyber. Capacità di organizzare attività di penetration testing e vulnerability assessment su piccoli impianti industriali.

Capacità di applicare le conoscenze acquisite al fine di progettare soluzioni per l'identificazione e la mitigazione di minacce cyber.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-INF/04

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	6	ING-INF/04

Stampa del 14/07/2023

Dynamics and Control of Chemical Processes [2202238]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: MARCELLO DE FALCO, LUCA FARAMONDI

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 conseguirà 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 conseguirà 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

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

Stampa del 14/07/2023

Economics and Business Management [2202128]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

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 : Concorrenza e Competizione, Imprese ed Aziende, Strumenti di Comunicazione Aziendale, Modelli Organizzativi, Finanziamenti, Piani Industriali, Project Management, Project Control, Risk Management, Elementi di Matematica Finanziaria. Lo studente, superato l' esame finale, sarà in grado di affrontare il mondo delle Imprese con particolare riguardo alle PBE (Projects Based Enterprise) , ed avrà conseguito familiarità con le discipline collegate alla gestione dei Progetti :

Project Finance
Project Management
Estimating
Budgeting
Project Control
Project Risk Management

Saprà inoltre 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.

Prerequisiti

Nessuna

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. 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. 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 chimico o petrolchimico.

Approfondimenti :

1. Economia

I numeri della Sostenibilità nell'ottica dell'Ingegnere Chimico
 Parigi 2015 e Obiettivi di Sostenibilità delle Nazioni Unite (17 SDG – 169 Targets)
 I Fondi ESG
 Le acquisizioni societarie ed il Private Equity
 I sistemi monetari - Le criptovalute

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

Metodi e criteri di valutazione 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 9 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 del corso rispetto al percorso didattico principale del corso di laurea, e per privilegiare la maturazione di una consapevole curiosità tematica rispetto all'apprendimento mnemonico.

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 di là dell'apprendere nozioni necessarie a molte delle attività connesse con la progettazione, la pianificazione, la scelta di alternative, l'esecuzione ed il controllo dei progetti, lo studente maturerà una versatilità culturale che ne migliorerà tanto la partecipazione a progetti complessi gestiti da teams multidisciplinari, quanto la partecipazione consapevole e proattiva al teamwork. Quindi il risultato atteso è lo stimolo ad un allargamento della visione culturale che, educando lo studente a correlare gli aspetti tecnici della sua preparazione con quelli applicativi anche dal punto di vista economico, e del business, possa tradursi in una maggiore consapevolezza dei contesti complessivi, ed in definitiva in una molto maggiore autonomia di giudizio. Allo stesso tempo il corso persegue il miglioramento della capacità di comunicare attraverso un costante stimolo alla discussione ed al "Public speaking", inclusa la partecipazione attiva all' esposizione da parte degli studenti, di alcuni dei temi delle lezioni.

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	9	ING-IND/35

Stampa del 14/07/2023

Green Chemistry & Sustainability (c.i.) [2202127]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: MARCELLA TROMBETTA, MARTA BERTOLASO

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Modulo A: Green Chemistry

L'insegnamento si propone di fornire la conoscenza e la comprensione 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.

Modulo B: Sustainability

Il modulo si propone di affrontare e di cogliere il senso delle principali problematiche che sorgono nel rapporto tra Uomo e Ambiente (interno ed esterno), quali la sostenibilità, la questione dell'utilizzo delle risorse energetiche, il benessere e la felicità, etc. In tal modo lo studente potrà diventare maggiormente consapevole dell'impatto (positivo o negativo) che il suo lavoro potrebbe avere sull'ecosistema, e per questo progettare in maniera realmente sostenibile. Le lezioni avranno come risultato: a) Il riconoscimento della centralità dei concetti di "ecologia" e "sostenibilità", a vantaggio di individuo, società e ambiente; b) la comprensione del legame tra essere umano e ambiente, nei suoi aspetti filosofici, antropologici, storico-sociali ed economico-giuridici.

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, fonti energetiche non convenzionali: microonde, ultrasuoni, fotochimica ed elettrochimica.

Organismi viventi: struttura e metabolismo, biomasse e blocchi di Cn, biopolimeri e compositi.

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

Catalisi in green chemistry: catalisi eterogenea (acida, metallica, micellare, a trasferimento di fase), reagenti supportati, catalisi omogenea, biocatalisi.

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

Riciclo meccanico, termico e chimico: minimizzazione e controllo di effluenti e rifiuti, durabilità di prodotti e materiali, riciclo delle materie plastiche.

Modulo B: Sustainability

- Ambiente e sostenibilità: una visione integrata
- evoluzione del concetto di ambiente e sviluppo sostenibile;
- il rapporto dell'uomo con l'ambiente naturale e l'uso delle risorse;

- obiettivi di tutela ambientale e il danno all'ambiente;
- il diritto di ogni uomo allo sviluppo e lo sviluppo umano integrale;
- la responsabilità della politica e la cooperazione internazionale;
- la nozione di bene comune;
- i rifiuti;
- etica dell'innovazione
- l'uomo, la scienza e la tecnica;
- la tecnologia per ottimizzare i processi produttivi;
- il rapporto dell'uomo con la realtà materiale nell'età della smaterializzazione;
- comunicazione ed etica dell'informazione.

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 con il supporto di presentazioni in PowerPoint: 24 ore.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Modulo A: Green Chemistry

L'apprendimento della green chemistry sarà verificato 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 i biopolimeri e i prodotti naturali
- 7) conoscere e saper utilizzare la biotrasformazione e biotecnologie
- 8) saper selezionare i solventi e le materie prime alternative per la green chemistry
- 9) conoscere e saper applicare la catalisi per la chimica sostenibile
- 10) conoscere il riciclo meccanico, termico e chimico

I 15 quesiti saranno equamente distribuiti tra i 10 punti sopra elencati.

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 30esimi solo dopo che tutti gli Studenti partecipanti alla prova a quesiti stessa l'avranno completata.

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:

Il voto finale di "Green Chemistry and Sustainability" sarà la media ponderata sui CFU tra i voti in 30esimi conseguiti nei 2 Moduli. Il voto finale sarà registrato sul libretto universitario dello Studente e su un verbale elettronico.

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 è operata dal sistema di elearning per confronto con le risposte corrette caricate sulla piattaforma stessa. Oltre al voto conseguito, lo Studente potrà rivalutare la sua prova a quesiti verificando a quali quesiti ha risposto correttamente e a quali non, venendo a conoscenza, in questo caso, della risposta corretta. Al termine della prova a quesiti la Commissione sarà a disposizione degli Studenti per rivedere assieme le risposte non date o date non corrette.

L'esame del Modulo A sarà superato se e solo se si conseguirà un punteggio maggiore o uguale a 18/30.

Agli Studenti che conseguiranno il punteggio massimo pari a 30/30 sarà, infatti, data la possibilità di sostenere una prova orale, contestualmente all'esito della prova a quesiti stessa, per ambire alla Lode. Nella prova orale lo Studente sarà posto 1 quesito sul programma. 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

Le lezioni frontali e le esercitazioni-tutorial sono svolte utilizzando una lavagna elettronica/PC 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:

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. Giuliadori, P. Malavasi, Ecologia integrale, 2016

• 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.

• L. Valera, Singer e la questione ecologica. Per il superamento della dicotomia tra antropocentrismo e biocentrismo, «Per la filosofia», vol. 3 (2010), n. 80, pp. 67-78.

• L. Valera, Ecologia ed ecologie, «Medicina nei secoli» (in press – n. 2-3, 2011).

• Giuliani A, Filippi S, Bertolaso M (2014) Why network approach can promote a new way of thinking in biology, hosted by Dr(s) Xiaogang Wu, Hans Westerhoff, Pierre De Meyts, Hiroaki Kitano in Frontiers in Genetics (Systems Biology), Vol 5 (83), 1-5.

• Marcos, Filosofia dell'agire scientifico. Le nuove dimensioni, Academia Universa Press, Milano 2010.

Altre informazioni

Modulo A: Green Chemistry

- Conoscenza e comprensione dei principali temi legati alla sostenibilità
- 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 produrre acqua adeguata alla tipologia di applicazione industriale
- 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 utilizzare la biotrasformazione e biotecnologie
- Capacità di selezionare i solventi e le materie prime alternative per la green chemistry
- Capacità di applicare la catalisi per la chimica sostenibile
- 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.

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	9	CHIM/07, M-FIL/02

Stampa del 14/07/2023

Idrogeno e Combustibili Verdi [2203210]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

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. Si vuole inoltre guidare lo studente all'acquisizione degli strumenti per sviluppare e analizzare processi sostenibili, anche innovativi, per un sistema energetico decarbonizzato, mediante una metodologia che parte dagli schemi concettuali e porta alla proposizione di schemi impiantistici: dall'analisi preliminare di aspetti chimico-fisici, attraverso la reattoristica, fino allo sviluppo e integrazione di processo e all'analisi tecnico-economica. Verranno discussi casi studio d'interesse applicativo con l'obiettivo specifico di stimolare lo studente a proporre e valutare soluzioni pratiche da contestualizzare in situazioni reali. Verranno infine svolte visite guidate presso impianti e laboratori.

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 CO₂, produzione da biomasse, elettrolisi, cicli termochimici, foto-elettrolisi

Sistemi di stoccaggio e distribuzione dell'idrogeno.

Combustibili "green": metanazione, processi termo-catalitici di conversione di CO₂, 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: 40

Ore di laboratorio: 8

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione 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.

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.

Nella Parte 1 della prova orale, sono attribuiti fino a un massimo 10 punti.

Nella Parte 2 della prova orale, sono attribuiti fino a un massimo 10 punti.

Nella Parte 3 della prova orale, sono attribuiti fino a un massimo 10 punti.

Il punteggio massimo conseguibile è pari a 30 punti su 30 e Lode. La Lode sarà attribuita allo studente che dimostrerà una conoscenza dettagliata degli argomenti discussi a lezione, un'ottima chiarezza nell'esposizione orale e iniziativa nello sviluppo dei progetti.

L'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto totale maggiore o uguale a 18 punti su 30.

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 (elettrochimici, 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

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

Stampa del 14/07/2023

Impianti Chimici [2202117]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: DIEGO BARBA

Periodo: Ciclo Annuale Unico

Obiettivi formativi

CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE

Il corso si propone di fornire le conoscenze e gli strumenti per la comprensione e l'assimilazione delle basi teoriche e progettuali dell'Analisi di Processo affrontata con un approccio di sistema ed estesa quindi ai settori energetico, ambientale, delle acque, Oil&Gas, chimico, petrolchimico, biotecnologico, farmaceutico, etc., in cui opera l'ingegnere chimico. 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. In conclusione l'obiettivo è di trasferire allo studente gli strumenti necessari per l'analisi e la progettazione d'impianti e processi tipici del mondo industriale.

CAPACITÀ APPLICATIVE

Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di progettare schemi di processi strumentati con bilanci di materia e di energia, progettare le singole apparecchiature costituenti il processo e simulare il comportamento dell'intero processo al variare dei suoi principali parametri operativi (sensitivity analysis).

AUTONOMIA DI GIUDIZIO

Il corso è organizzato in modo tale da lasciare un ampio spazio esercitativo autonomo con il fine di stimolare lo studente a sviluppare un approccio critico e un'autovalutazione delle proprie elaborazioni che dovrà successivamente illustrare alla classe e al docente. In tal modo gli studenti sono sempre più responsabilizzati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

ABILITÀ NELLA COMUNICAZIONE

La metodologia del lavoro autonomo e dell'autovalutazione, precedentemente illustrata, stimola lo studente ad elaborare le proprie relazioni e strategie di comunicazione per esporre il contenuto del suo lavoro in modo chiaro ed efficace, partendo dalle conoscenze di base fino alle conclusioni prodotte.

CAPACITÀ DI APPRENDERE

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 progetti sviluppati con un lavoro di gruppo organizzato in modo tale che ciascun componente possa contribuire al risultato finale con apporti autonomi.

I metodi didattici e di verifica dell'apprendimento di seguito riportati potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

Prerequisiti

Termodinamica delle soluzioni, Fenomeni di trasferimento fra fasi, Fondamenti di Impiantistica Industriale

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 interrefrigerati. 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 isoterma e non isoterma. 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.

SCHEMI DI PROCESSO: 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. Inoltre, progetti su specifici argomenti del Corso, vengono sviluppati da gruppi di tre o quattro candidati. Le relazioni finali sono presentate e discusse in aula dai gruppi di lavoro alla fine dell'anno.

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 quattro ore prima del colloquio.

Il giudizio di valutazione sulle due prove (scritta ed orale) viene 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 sul 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.

Sinnot 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.

L'attività didattica è offerta in:

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

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

Stampa del 14/07/2023

Impianti chimici avanzati [2201239]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: DIEGO BARBA

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE

Il corso pone l'obiettivo di ampliare il panorama delle conoscenze nel settore di "Impianti Chimici", in particolare nel campo della progettazione di processo, allargando l'orizzonte verso gli strumenti che permettono di realizzare l'analisi di processo di impianti industriali. Il corso è organizzato in due fasi.

La prima nasce dalla convinzione della volontà di illustrare le strutture matematiche degli algoritmi su cui si basano gli attuali software di simulazione.

Nella seconda fase viene sviluppato un progetto industriale in stretta collaborazione con una grande società di ingegneria, organizzando tutte le attività che conducono a definire i documenti di progetto normalmente utilizzati dalla società medesima.

CAPACITÀ APPLICATIVE

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.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO

Il corso lascia un ampio spazio esercitativo (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.

ABILITÀ NELLA COMUNICAZIONE

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.

CAPACITÀ DI APPRENDERE

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, anche in gruppo (organizzato in modo tale che ciascun componente possa contribuire al risultato finale con apporti autonomi).

I metodi didattici e di verifica dell'apprendimento di seguito riportati potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

Prerequisiti

Impianti chimici e ingegneria di processo

Contenuti del corso

UD-1 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

UD-2 Sviluppo di un Progetto di Ingegneria di Processo in collaborazione con una Società di Ingegneria

- Valutazione delle specifiche di progetto e criteri di sicurezza

- 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
- Presentazione dei risultati ai docenti e alla classe

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

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

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	CURRICULUM A - Tecnologie per l'Ambiente e l'Energia	6	ING-IND/25

Stampa del 14/07/2023

Inglese Generale [22021C1]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti:

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Il corso di inglese è articolato su un semestre ed è finalizzato al potenziamento della conoscenza della lingua straniera. Oggetto del corso è l'approfondimento delle strutture grammaticali e sintattiche associate al livello di conoscenza della lingua inglese, assegnato a ciascuno studente come obiettivo formativo del corso. Le attività didattiche sono impartite da docenti madrelingua che collaborano con il Centro linguistico di Ateneo

Prerequisiti

Ogni studente è tenuto a sostenere un test di posizionamento per individuare il livello iniziale di conoscenza della lingua inglese su cui verranno fissati obiettivi formativi individuali. Gli studenti con un livello iniziale inferiore al B1 avranno a disposizione un servizio di tutorato linguistico finalizzato al raggiungimento del livello B1; gli studenti con un livello iniziale superiore al livello C1 CEFR potranno essere esonerati previa domanda di esonero.

Contenuti del corso

Nel corso curricolare semestrale da 3 CFU si approfondiscono le strutture logico-grammaticali e il vocabolario della lingua inglese al fine di consentire il raggiungimento di obiettivi individuali associati a ciascun livello.

Metodi didattici

Il corso viene erogato in aula attraverso lezioni frontali ed esercitazioni e organizzato per livello di conoscenza della lingua inglese. È assicurata la presenza di docenti madrelingua.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Esame di idoneità

La verifica dell'apprendimento viene effettuata attraverso una prova di idoneità composta da una prova scritta e una di ascolto di un brano con relativo test di comprensione.

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

Le conoscenze lessicali e grammaticali e le abilità relative alla comprensione orale e alla produzione scritta sono verificate mediante una prova scritta e l'ascolto di un brano. La prova scritta si articola nella stesura di un elaborato; nella prova di ascolto, lo studente ascolta un brano e risponde al rispettivo test di comprensione a risposta aperta di livello commisurato all'obiettivo assegnato all'inizio del corso. Il risultato della prova è espresso come giudizio di idoneità. Per conseguire l'idoneità lo studente dovrà ottenere un punteggio totale uguale o maggiore al 60% delle domande poste all'interno delle tre prove.

Testi di riferimento

Libro di testo: Life

Editore: National Geographic Learning; 2° edizione

Moduli e unità del libro verranno indicati dal docente durante la prima lezione del corso

Altre informazioni

Al termine del corso, lo studente dovrà aver acquisito un livello di inglese minimo B2.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)

Al termine del corso, lo studente dovrà essere in grado di:

- dialogare, leggere e scrivere brani in lingua inglese, rispondere a domande di comprensione del testo;
- produrre un testo scritto di argomento generale di almeno 100 parole.

Autonomia di giudizio

Lo studente sarà stimolato a sviluppare un approccio critico sulla propria capacità di comprensione del testo ascoltato e sulla elaborazione di un testo in inglese usando gli strumenti che l'insegnante proporrà con gradualità durante il corso. Gli studenti saranno sollecitati alla verifica autonoma sia attraverso la correzione di propri elaborati

che di verifica sul livello di comprensione dei testi analizzati durante le lezioni frontali.

Abilità nella comunicazione

Lo studente dovrà essere in grado di esporre brevemente un testo in modo chiaro e grammaticalmente corretto.

Capacità di apprendere

Lo studente dovrà dimostrare una partecipazione attiva interagendo in lingua inglese con l'insegnante e con l'aula.

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	3	L-LIN/12

Stampa del 14/07/2023

Laboratorio di modellazione e simulazione per le biotecnologie [2202244]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

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 computer che sono necessari per affrontare problematiche di rilievo per le biotecnologie.

Prerequisiti

Sono presupposte conoscenze pregresse di Analisi Matematica e di Fisica.

Contenuti del corso

- Richiami di fenomeni di trasporto.
- 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 differenziali stocastiche.
- Introduzione all'uso del software XPP-Aut.
- Introduzione alle equazioni alle derivate parziali del 2° ordine.
- Equazione del calore, equazione di diffusione-convezione, presenza di sorgenti, significato delle differenti condizioni al contorno, anisotropia.
- Equazione delle onde.
- Equazioni alle derivate parziali del primo ordine e sistemi di equazioni.
- Soluzione di problemi notevoli.
- Introduzione all'uso del software Comsol Multiphysics.
- Aspetti teorici di modellizzazione al computer di sistemi multifase.
- Applicazioni: cinetica chimica e biochimica, cinetica enzimatica, reazioni chimiche oscillanti; convezione di fluidi fra piastre piane in un gradiente termico e modello di Lorenz; reattore continuo a mescolamento; problemi di reazione e diffusione; problemi di cromatografia.

Metodi didattici

I metodi didattici del corso prevedono delle lezioni frontali con slides ed alla lavagna (24 ore) e delle esperienze di simulazione numerica selezionate in laboratorio multimediale (24 ore). Laddove necessario, il docente fornisce agli studenti del materiale supplementare attraverso la pagina del corso sulla piattaforma informatica e-learning di Ateneo.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione 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 online 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.

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

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

-Slides delle lezioni ed altro 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).
- N. F. Britton, "Essential Mathematical Biology", Springer (2003).
- R.B. Bird, W.E. Stewart and E.N. Lightfoot, "Transport Phenomena, 2 edition", J. Wiley and Sons, (2007).
- Rhee, Aris et al. "First Order Partial differential Equations" vol 1 & 2, Dover.
- D.S. Lemons, "An Introduction to Stochastic Processes in Physics", The John Hopkins University Press, (2002).
- Altro materiale.

Altre informazioni

CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE

Il corso si propone di fornire le conoscenze e la comprensione dei metodi fisico-matematici in unione con metodi di simulazione numerica per applicazioni nel campo delle biotecnologie. 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 di trasformazione selezionati. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di trattare con adeguato rigore fisico-matematico e simulare al computer vari sistemi descritti da equazioni differenziali.

CAPACITÀ APPLICATIVE

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 e progettazione dei processi di trasformazione dell'industria alimentare, della produzione di energia da fonti rinnovabili e della protezione ambientale ad esempio, al fine di programmare campagne sperimentali idonee alla validazione ed implementazione.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO

Lo studente sarà portato a sviluppare un approccio critico nell'elaborare e comprendere concetti ed a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi proposti. Questa autonomia di giudizio sarà rafforzata invogliando il più possibile gli studenti a porre quesiti su argomenti che risultassero poco chiari o dei quali si vorrebbe avere maggior dettagli.

ABILITÀ NELLA COMUNICAZIONE

Lo studente dovrà apprendere come formulare i quesiti nel linguaggio fisico-matematico più appropriato, esponendo gli argomenti in modo chiaro ed efficace.

CAPACITÀ DI APPRENDERE

Lo studente dovrà sviluppare una capacità di apprendimento sequenziale del metodo fisico-matematico e delle conoscenze necessarie per le simulazioni numeriche, mettendo in opera metodologie di studio che rendano utile il frequentare attivamente le lezioni e le esperienze selezionate di simulazione numerica.

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	CURRICULUM B -Tecnologie per l'Economia Circolare	6	MAT/07

Stampa del 14/07/2023

Machine Learning & Big Data Analytics [2201235]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: PAOLO SODA

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Il Corso di Machine Learning & Big Data Analytics (ML) ha come principale obiettivo che gli studenti acquisiscano i concetti di base del Machine Learning, ovvero il settore della Computer Science che si occupa della realizzazione di sistemi e algoritmi, reti neurali eventualmente profonde incluse, che si basano su osservazioni come dati per la sintesi di nuova conoscenza. Ad esempio, l'apprendimento può avvenire catturando caratteristiche di interesse provenienti da esempi, strutture dati o sensori, per analizzarne e valutarne le relazioni tra le variabili osservate.

Prerequisiti

Nessuno

Contenuti del corso

- Introduzione, definizione del concetto di learning e del pattern recognition, definizioni varie, metodologia e processo di analisi, concetto di descrittore o feature (~1 ora);
- Modello del processo di analisi dei dati, semplice esempio di cosa significhi classificare sulla base dell'esperienza, esempio del riconoscimento ittico, overfitting, underfitting (~1 ora);
- Tipi di classificatori, classificazione supervisionata, non supervisionata, semi-supervisionata, regressione (~1 ora);
- Metodi di valutazione delle prestazioni, metodologie sperimentali, cross-validation, matrice di confusione, metriche derivate dalla matrice, di confusione, la curva ROC (~2 ore);
- Il teorema di Bayes e il classificatore bayesiano (~2 ore);
- Classificatore non parametrico: Nearest Neighbor (NN) e sua estensione (kNN), affidabilità delle decisioni del kNN, considerazioni computazionali (~1 ora);
- Support Vector Machine (SVM): algoritmo di apprendimento, i tipi di kernel, il problema dello XOR; affidabilità delle decisioni (~1 ora);
- Alberi decisionali (~2 ore);
- Feature selection e PCA (~2 ore);
- Metodi di classificazione basati sulla decomposizione binaria di problemi multiclasse (~2 ore);
- Sistemi Multi-Esperto: bagging e boosting, AdaBoost; random forest (~2 ore)
- Unsupervised learning, clustering (~3 ore);
- Metodi per la regressione (lineare, logistica, kNN, alberi) (~2 ore);
- Introduzione alle reti neurali: modello del neurone, funzioni di trasferimento, il perceptrone, LMS (~3 ore);
- Deep learning: gradiente discendente stocastico, introduzione MLP, il problema della saturazione, Error-Backpropagation, cross-entropy, Softmax, ReLU, Tecniche per combattere overfitting (ad es. regolarizzazione L1 e L2, dropout), il problema del gradiente evanescente o esplosivo (~4 ore);
- Deep learning: Reti convolutive, adattamento di Error-Backpropagation (~3 ore);
- Deep learning: autoencoders (~2 ore);
- Deep learning: U-Net e YOLO Net (~2 ore);
- Laboratorio: crash course in Python e PyTorch (~3 ore);
- Laboratorio: uso di Matlab, Python e PyTorch per applicazioni di quanto esposto nel programma (~9 ore);

Metodi didattici

L'insegnamento si basa su lezioni frontali ed esercitazioni al computer, utilizzando pacchetti open-source o proprietari. La suddivisione tra didattica frontale e le esercitazioni al computer è pari a 70%-30%, rispettivamente, salvo necessità specifiche che possono emergere durante l'insegnamento.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Le conoscenze e le abilità relative al corso sono verificate mediante due prove. La prima consiste in un lavoro sperimentale da svolgersi in piccoli gruppi e da presentare in aula o in sede di colloquio orale. Lo scopo di questa prova è verificare che lo studente abbia acquisito la capacità di utilizzare i modelli computazionali per la soluzione problemi di classificazione, clustering e regressione, attraverso l'uso di strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di Machine learning e deep learning.

Agli studenti verrà fornito un dataset reale con la specifica del problema da risolvere; ad esempio, si può fornire un

insieme di dati su un segnale biomedico acquisito con una certa metodica, richiedendo agli studenti di sviluppare un algoritmo in grado di predire il valore futuro del segnale stesso.

Nel lavoro sperimentale gli elementi presi in considerazione sono quelli descritti nei risultati di apprendimento specifici, come ad esempio la logica adottata nella risoluzione del problema, la correttezza della procedura individuata, l'uso degli strumenti software presentati a lezione.

La seconda prova consiste in un colloquio orale, che vuole verificare che lo studente abbia acquisito un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali per il ML. Durante la prova orale gli elementi presi in considerazione sono quelli descritti nei risultati di apprendimento specifici, come ad esempio la logica seguita dallo studente nella formulazione della risposta al quesito, la correttezza della procedura individuata per la soluzione del quesito, l'impiego di un linguaggio appropriato.

Un esempio di domanda potrebbe essere: "esporre il modello decisionale ad albero".

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

La definizione del voto finale è determinata principalmente dal colloquio orale, che pesa al 75%, e che ha una durata massima di 60 minuti.

In relazione alla valutazione del lavoro sperimentale e del colloquio orale, ciascuno degli elementi descritti in precedenza pesa in modo paritario nella valutazione della prova di laboratorio, e il soddisfacimento di tali aspetti, almeno al 60% è condizione necessaria per il raggiungimento di una valutazione pari a 18. I voti superiori verranno attribuiti agli studenti le cui prove soddisfino tutti gli aspetti sopra elencati, in proporzione crescente.

Inoltre, il gruppo che otterrà i migliori risultati nel lavoro sperimentale, comunque superiori ad una certa soglia minima determinata sulla base della complessità del problema, avrà diritto ad +1/+2 punti sulla valutazione finale.

Per conseguire un punteggio pari o superiore a 30/30, lo studente deve invece dimostrare di aver acquisito una conoscenza eccellente di tutti gli argomenti trattati durante il corso, essendo in grado di raccorderli in modo logico e coerente.

La lode si consegue dimostrando un alto grado di conoscenza degli argomenti e degli strumenti di simulazione, dimostrando un alto grado di autonomia e di giudizio, e mostrando un'alta qualità di esposizione.

Testi di riferimento

Materiale didattico utilizzato

- Duda, et al. Pattern classification. John Wiley & Sons, 2012 (capitoli 1,2,4,8)
- Gareth James, Daniela Witten, Trevor Hastie, Robert Tibshirani - An Introduction to Statistical Learning with Applications in R. Springer Texts in Statistics (capitoli 3 e 4)
- Dispense e slides fornite dal docente

Materiale didattico consigliato

- Charu C. Aggarwal - Data Mining the Textbook. Springer 2015.
- Goodfellow, Ian, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. "Deep learning book." MIT Press 521.7553 (2016)

Altre informazioni

Conoscenza e capacità di comprensione

Principi alla base dell'apprendimento supervisionato e non supervisionato.

Metodi e strumenti del machine learning e del deep learning, nonché dell'elaborazione di grandi quantità di dati.

Metodi di validazione.

Criteri di progettazione di un sistema di classificazione, per l'apprendimento supervisionato, e di clusterizzazione nell'apprendimento non supervisionato. Criteri di progettazione di una procedura di validazione sperimentale sulla base delle caratteristiche dell'insieme di dati a disposizione.

Strumenti software per lo sviluppo di sistemi di apprendimento.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Lo studente dovrà acquisire delle competenze specifiche:

- Saper interpretare in modo appropriato i principali passi degli algoritmi per il Machine e Deep Learning;
- Acquisire la capacità di utilizzare i modelli computazionali per la soluzione di classici problemi di classificazione, clustering e regressione;
- Saper affrontare un problema (semplice) di analisi dei dati per sintetizzare nuova conoscenza realizzando semplici sistemi decisionali (ad es. per prendere delle decisioni a seguito dell'elaborazione di un segnale, immagine o video);
- Saper utilizzare strumenti software disponibili per l'applicazione di metodi di Machine learning, Deep Learning e Big Data analytics.

Autonomia di giudizio

Lo studente dovrà:

- Sapere giudicare quali siano le scelte adeguate da intraprendere per la risoluzione di casi applicativi reali.
- sapere giudicare le principali caratteristiche dei modelli computazionali presentati
- sapere valutare l'adeguatezza di una procedura sperimentale.

Abilità comunicative

Lo studente dovrà saper redigere, presentare ed esporre delle possibili soluzioni progettuali a casi applicativi reali.

Dovrà inoltre saper esporre con adeguato linguaggio tecnico i contenuti dell'insegnamento.

Capacità di apprendere

Lo studente dovrà sviluppare quelle capacità di apprendimento necessarie per intraprendere studi successivi con un alto grado di autonomia. In particolare, lo studente dovrà:

- Acquisire un adeguato livello di conoscenza delle basi teoriche dei principali modelli computazionali per l'apprendimento (ad es. teoria bayesiana della decisione, reti neurali, deep learning, classificatori lineari e kernel, metodi di combinazione dei classificatori, feature extraction e feature selection, etc.);
- Comprendere i metodi per la sintesi di nuova conoscenza;
- Comprendere i fondamenti dei metodi per la definizione di una procedura sperimentale e per la valutazione delle prestazioni;
- Comprendere la potenzialità del Machine e Deep Learning per lo sviluppo di applicazioni mediche, per la visione artificiale, per l'analisi dei dati;
- Apprendere l'uso di opportuni ambienti di sviluppo per l'applicazione dei metodi di Machine e Deep Learning.

L'attività didattica è offerta in:

Facoltà Dipartimentale di Ingegneria

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Biomedica (2019)	comune	6	ING-INF/05

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	6	ING-INF/05

Stampa del 14/07/2023

Materials Technology and Corrosion [2202241]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: FRANCESCO BASOLI

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Obiettivo del corso è fornire le basi per una corretta scelta 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.

Prerequisiti

Propedeuticità: nessuna

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

Contenuti del corso

Generalità (4 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 (6h):

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

Materiali metallici (8h):

Diagrammi di stato e leghe metalliche. Diagrammi di stato (binari). Acciai e ghise. Diagramma di stato Fe-C.

Trattamenti termici degli acciai e microstrutture. 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

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Le conoscenze e le abilità relative alle tecnologie dei materiali e alla corrosione sono verificate mediante una prova scritta su carta in cui lo studente deve rispondere a un totale di n. 3 domande a risposta aperta. Le domande si baseranno sul programma del corso.

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

Ogni domanda/esercizio 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 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

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

- Walter Nicodemi, Metallurgia: Principi generali – Zanichelli
- W.F.Smith, Scienza e Tecnologia dei materiali, McGraw Hill;
- Sinnott-Towler, Chemical Engineering Design, Butterworth-Heineman.
- Dispense fornite dal Docente scaricabili dalla pagina del corso su <https://elearning.unicampus.it/>

Altre informazioni

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.

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 e attraverso la scelta del testo di riferimento. Gli studenti saranno sollecitati a verificare autonomamente la plausibilità 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 una crescente capacità di apprendere, attraverso una metodologia di studio che renda produttiva la frequenza alle lezioni e alle esercitazioni, mediante una partecipazione attiva alle stesse.

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	CURRICULUM A - Tecnologie per l'Ambiente e l'Energia	6	ING-IND/22

Stampa del 14/07/2023

Principi di Ingegneria Chimica [2202116]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

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, Petrochimico, Farmaceutico ed Agroalimentare.

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

Prerequisiti

nessuna

Contenuti del corso

1) Equilibri di fase: L-V, L-G, L-L: approccio γ - ϕ , ϕ - ϕ .

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. L'esame orale invece mira soprattutto alla valutazione della capacità di analisi e semplificazione di problemi complessi

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

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. 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 sul libretto dello studente e 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 è in grado di utilizzare conoscenze avanzate di fenomeni di trasporto e termodinamica indispensabili per la progettazione e l'ottimizzazione di processi industriali. 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 plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

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.

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

L'attività didattica è offerta in:

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

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

Stampa del 14/07/2023

Processi Biotech [2202130]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

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. 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. 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.

Prerequisiti

Nessuno

Contenuti del corso

Unità a): Principi di Ingegneria Biotech

- 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

Unità b): Ingegneria di Processo Biotech

- 1) Generalità sulla struttura del processo Biotech
- 2) Analisi di processo e criteri di dimensionamento di un bioreattore/fermentatore: trasferimento di materia, trasferimento di calore, agitazione meccanica ed aerazione delle colture.
- 3) Parametri di processo e criteri di controllo del bioreattore/fermentatore.
- 4) Processo di sterilizzazione: deattivazione termica dei microorganismi, sterilizzazione dei terreni di coltura, sistemi di filtrazione sterile, sterilizzazione dell'aria
- 5) 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)
- 6) Impianti Biotech: schema di processo di alcuni impianti industriali rappresentativi.

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.

Le esercitazioni si avvarranno dell'utilizzo di simulatori di processo dedicati ai processi biotech.

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, principi di ingegneria biochimica e impianti biotech, finalizzati alla valutazione delle capacità pratiche dello studente nel problem solving. L'esame orale invece mira soprattutto alla valutazione della capacità di analisi ed ottimizzazione di processi biotecnologici industriali

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

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. 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 sul libretto dello studente e 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 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 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 plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

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.

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

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	12	ING-IND/24

Stampa del 14/07/2023

Processi Energia-Ambiente [2202131]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

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.

Prerequisiti

nessuno

Contenuti del corso

1. INTRODUZIONE: Fabbisogno energetico, emissioni di gas serra e Sviluppo Sostenibile, Termodinamica, Processi reversibili e Processi reali
2. 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), cogenerazione di energia elettrica e termica e reti di distribuzione; Produzione da fonti rinnovabili (Energia Solare, Geotermica ed Eolica, etc.); criteri economici per la stima dei costi di produzione.
3. TRATTAMENTO EFFLUENTI GASSOSI: Nozioni relative al trattamento delle emissioni inquinanti (trattamento di effluenti gassosi) e ai criteri di progetto degli schemi di trattamento in serie (abbattimento di NO_x, SO_x, PM, etc.); schemi di cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica (CCS) ed integrazione degli stessi nei processi produttivi.
4. 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".
5. RAFFREDDAMENTO INDUSTRIALE e CONDIZIONAMENTO: psicrometria, raffreddamento con aria; cooling towers e acqua in ciclo chiuso; ciclo frigorifero ed impianti di condizionamento.
6. GAS PROCESSING: 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).

Metodi didattici

Il Corso è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche che ricoprono almeno 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 4 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.

Testi di riferimento

- The Course Book & Presentations by lecturers (printed as well as available on internet sharing platforms – elearning)
- Don W. Green; Robert H. Perry, Perry's Chemical Engineers' Handbook. 8th edition McGraw -Hill
- Scientific Publications by Lecturers
- Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology
- 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.

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	CURRICULUM A - Tecnologie per l'Ambiente e l'Energia	6	ING-IND/25

Stampa del 14/07/2023

Progettazione Meccanica degli Impianti [2202240]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: ANTONINO GERMANA'

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE

Il corso si propone di fornire le conoscenze e gli strumenti necessari per affrontare problemi connessi alla progettazione e la realizzazione degli impianti dell'industria di processo trasversalmente ai settori energetico, ambientale, delle acque, Oil&Gas, chimico, petrolchimico, biotecnologico, farmaceutico, etc., in cui opera l'ingegnere chimico.

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 ogni volta che ci si appresti a progettare un impianto industriale.

CAPACITÀ APPLICATIVE

Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di progettare schemi meccanici strumentati (P&I), progettazione meccanica delle singole apparecchiature e simulazione matematica per l'analisi del comportamento sotto sforzo del piping e delle apparecchiature.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO

Il corso è organizzato in modo tale da lasciare un ampio spazio esercitativo autonomo, con l'utilizzo di software specifici per la progettazione meccanica e per la visualizzazione 3D degli impianti, con il fine di stimolare lo studente a sviluppare un approccio critico e un'autovalutazione delle proprie elaborazioni che dovrà successivamente illustrare alla classe e al docente. In tal modo gli studenti sono sempre più responsabilizzati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

ABILITÀ NELLA COMUNICAZIONE

La metodologia del lavoro autonomo e dell'autovalutazione, precedentemente illustrata, stimola lo studente a elaborare le proprie relazioni e strategie di comunicazione per esporre il contenuto del suo lavoro in modo chiaro ed efficace, partendo dalle conoscenze di base fino alle conclusioni prodotte.

CAPACITÀ DI APPRENDERE

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 di progettazione strutturata con i criteri organizzativi tipici delle società di ingegneria.

I metodi didattici e di verifica dell'apprendimento di seguito riportati potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

Prerequisiti

Nessuno

Contenuti del corso

Ingegneria delle Apparecchiature:

- Norme di progettazione per apparecchiatura in pressione (EUROCODICI, ASME). Calcolo di fasciami cilindrici, fondi piani, bombati e conici. Dimensionamento di flange, piastre tubiere, bocchelli e bulloneria.
- Dimensionamento meccanico delle principali apparecchiature di processo (colonne, scambiatori di calore, reattori e serbatoi).
- Caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nella realizzazione delle apparecchiature: aspetti connessi con il dimensionamento ed approvvigionamento.

Ingegneria del macchinario:

- Pompe, compressori, turbine a vapore, motori elettrici. Norme API, specifiche tecniche, materiali di ostruzione, criteri di installazione, avviamento e collaudo.

Ingegneria delle tubazioni:

- Tubazioni e Valvole: Standardizzazione (UNI, ANSI) nella progettazione di reti tubazioni e relative valvole. Caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nella realizzazioni di tubazioni e di valvole, aspetti normativi (UNI, ASTM). Analisi degli sforzi e progettazione delle reti di tubazioni ad alta temperatura.

- Schemi di Impianto: Convenzioni e simboli. Criteri generali per la elaborazione di uno schema meccanico. Schemi meccanici tipici di servizi: stazione di pompaggio e distribuzione di acqua, distribuzione vapore, distribuzione aria compressa.
- Schemi di impianti tipici: centrale termica, impianto aria compressa, impianto di dissalazione dell'acqua di mare.

Metodi didattici

Il Corso di Progettazione delle Apparecchiature per l'Industria di Processo I è strutturato in lezioni frontali ed in esercitazioni numeriche. Inoltre, progetti su specifici argomenti del Corso, vengono sviluppati da gruppi di tre o quattro candidati. Le relazioni finali sono presentate e discusse in aula dai gruppi di lavoro alla fine dell'anno.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Le conoscenze e le abilità acquisite nel corso di Progettazione delle Apparecchiature per l'Industria di Processo I 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 quattro ore prima del colloquio.

Il giudizio di valutazione sulle due prove (scritto ed orale) viene 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 sul verbale elettronico.

Testi di riferimento

- Coulson & Richardson's, Chemical Engineering, Pergamon Press.
 - Young E.H., Process Equipment Design, J.Wiley.
 - King R.C., Piping Handbook, McGraw-Hill.
- Bibliografia aggiuntiva:
- Eugene Megyesy, Pressure Vessel Handbook, PV Publishing, Inc.
 - Dennis Moss, Pressure Vessel Design Manual, Gulf Professional Publishing.

Altre informazioni

- Il percorso di apprendimento è organizzato in modo tale che, al termine del corso, lo studente sia in grado di progettare schemi meccanici strumentati (P&I), progettazione meccanica delle singole apparecchiature e simulazione matematica per l'analisi del comportamento sotto sforzo del piping e delle apparecchiature.
- Il corso è organizzato in modo tale da lasciare un ampio spazio esercitativo autonomo, con l'utilizzo di software specifici per la progettazione meccanica e per la visualizzazione 3D degli impianti, con il fine di stimolare lo studente a sviluppare un approccio critico e un'autovalutazione delle proprie elaborazioni che dovrà successivamente illustrare alla classe e al docente. In tal modo gli studenti sono sempre più responsabilizzati a verificare autonomamente la plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.
- La metodologia del lavoro autonomo e dell'autovalutazione, precedentemente illustrata, stimola lo studente a elaborare le proprie relazioni e strategie di comunicazione per esporre il contenuto del suo lavoro in modo chiaro ed efficace, partendo dalle conoscenze di base fino alle conclusioni prodotte.
- 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 di progettazione strutturata con i criteri organizzativi tipici delle società di ingegneria.
- I metodi didattici e di verifica dell'apprendimento di seguito riportati potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	CURRICULUM A - Tecnologie per l'Ambiente e l'Energia	9	ING-IND/25

Stampa del 14/07/2023

Prova finale [22022PF]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

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

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

Stampa del 14/07/2023

Reattori Chimici [2202114]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: VINCENZO PIEMONTE

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

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.

Prerequisiti

Nessuna

Contenuti del corso

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. 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.

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.

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

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

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.

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 avvarranno dell'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, 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 conseguirà 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 sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

Testi di riferimento

Dispense del docente.

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

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 è in grado di utilizzare conoscenze avanzate sul dimensionamento di reattori chimici utilizzati in diversi processi industriali.

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 plausibilità delle soluzioni dei problemi loro proposti.

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.

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.

L'attività didattica è offerta in:

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

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

Stampa del 14/07/2023

Sicurezza degli impianti chimici [2202213]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

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 e la conoscenza delle metodologie di prevenzione e mitigazione. Particolare attenzione viene data all'aspetto 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)

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 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, dischi di rottura, valvole di respirazione, interruttori di fiamma; i sistemi di raccolta sfianti 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; le analisi di rischio in fase di progettazione (HazOp, LOPA, albero dei guasti, analisi delle avarie , Bow -tie ecc)
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; lo "start up safety review", l'addestramento del personale di esercizio dell'impianto; i simulatori di processo, le fermate di emergenza (ESD) e piani di evacuazione.
7. Esercizi sulle analisi dei rischi tecnologici; esempi di sistemi 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

Metodi e criteri di valutazione 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.

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

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 Efestò, nuova edizione Ottobre 2020

- Giorgio Zerboni: La sicurezza nella realizzazione degli impianti di processo; Edizioni Efestò, nuova Edizione Gennaio 2021

- Giorgio Zerboni : Esercizi di analisi di rischio tecnologico, Edizioni Efestò, Febbraio 2022

Inoltre, i files con la presentazione in power point 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 di sicurezza 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 valutazione del 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 fase di progettazione a quella di esercizio dell'impianto.

L'attività didattica è offerta in:

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

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

Stampa del 14/07/2023

Smart Grid ed Energie Rinnovabili [2202245]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: FRANCESCO CONTE

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Il corso consente allo studente di acquisire i principi di funzionamento di base e le declinazioni operative dei sistemi elettrici intelligenti. I contenuti erogati forniscono gli elementi necessari alla comprensione teorica e pratica delle dinamiche di interazione tra gli utenti e gli operatori dei sistemi di distribuzione e trasmissione dell'energia elettrica. Lo studente potrà acquisire competenze circa le tecnologie di generazione ad energia rinnovabile e dei sistemi di accumulo di energia elettrica, nonché il loro impiego nel contesto delle Smart Grid. In particolare, verranno studiate le possibili declinazioni di queste ultime, quali microreti, Virtual Power Plant, Smart Building, Smart City, e le relative tecniche di previsione, gestione e controllo.

Prerequisiti

Programmazione di base.

Contenuti del corso

Lo scopo di questo corso è illustrare in primo luogo agli studenti l'architettura del sistema elettrico. Dopo aver introdotto i modelli di base dei sistemi di generazione, sia tradizionale che rinnovabile, dei carichi e dei sistemi di accumulo dell'energia, sarà descritto il funzionamento del sistema elettrico. In particolare saranno analizzate le principali funzionalità operative come il problema del "dispacciamento anticipato", la regolazione della frequenza e della tensione, le regole del mercato dell'energia. Verrà anche illustrato il ruolo dei diversi attori quali il gestore della rete, i distributori, i produttori ed i consumatori.

Inquadrate così lo stato attuale del sistema, saranno illustrate le trasformazioni che porteranno la rete a diventare "intelligente" in risposta alle linee guida della Comunità Europea nell'ambito della Transizione Ecologica. Saranno quindi descritte le soluzioni più innovative oggi al centro dello sviluppo tecnologico come microreti, Virtual Power Plant, comunità energetiche, integrazione dei vettori energetici, demand side management, e delle relative strategie di gestione e controllo intelligente, che si avvalgono di tecniche avanzate di analisi dei dati (reti neurali artificiali, identificazione di serie temporali) per la previsione dei profili di consumo, di generazione e del prezzo dell'energia, e di metodi di ottimizzazione e controllo ottimo per prendere le decisioni di gestione dell'energia.

Programma:

1. Il sistema elettrico

- a. Descrizione funzionale, dimensioni, distribuzione territoriale
- b. Il concetto di Smart Grid, di microgrid, di Energy Community
- c. Il mercato dell'energia elettrica
- d. Principali funzionalità operative (dispacciamento, regolazione di frequenza e tensione)

2. Tecnologie e modelli

- a. Sistemi di generazione (tradizionale, rinnovabile, distribuita)
- b. Carichi (utenze)
- c. Sistemi di accumulo (batterie e tecnologie power-to-gas)

3. Sistemi di gestione intelligente: le Smart Grid

- a. Descrizione tecnologico-funzionale di Energy & Distribution Management System.
- b. Gli strumenti informatici: reti neurali artificiali, serie temporali, metodi di ottimizzazione
- c. Casi studio (reti elettriche di distribuzione, large building management system, electric vehicle fleet management, ecc.)

Metodi didattici

Lezioni frontali sugli argomenti del corso (75%).

Esercitazioni ed implementazione al computer di progetti di esempio (15%).

Seminari di Industrie leader del settore, stage e visite ad impianti (10%).

Modalità di verifica dell'apprendimento

L'esame del corso consiste in un test orale. Il test prevede tre domande ciascuna delle quali riguarderà uno dei tre macro argomenti del corso, ovvero il sistema elettrico, le tecnologie e i modelli e le Smart Grid.

L'apprendimento dei contenuti del corso sarà valutato con un voto per la prova orale. Le tre domande avranno il medesimo peso per la determinazione del voto finale.

Testi di riferimento

Dispense fornite dal docente.

Altre informazioni

- Conoscenza e capacità di comprensione delle principali tecnologie di generazione ad energia rinnovabile (fotovoltaico ed eolico) e dei sistemi di accumulo dell'energia elettrica (batterie, stoccaggio di idrogeno).
- Capacità di disegnare l'architettura, dimensionare correttamente le componenti, progettare l'algoritmo di gestione intelligente, di una microgrid, vale a dire un "piccolo" sistema elettrico che serve una Smart City, o un Smart Building o una Energy Community.
- Conoscenza e capacità di comprensione delle problematiche basilari e gli strumenti di gestione, ottimizzazione e controllo dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.
- Capacità di presentare ed esporre le possibili soluzioni progettuali applicabili a casi reali, con adeguato linguaggio tecnico coerente con i contenuti dell'insegnamento.
- Capacità di lavorare in team, anche in collaborazione con aziende del settore.

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	comune	6	ING-IND/33

Stampa del 14/07/2023

Strategie di innovazione tecnologica [2202217]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: GIANNI BARDAZZI

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Alle caratteristiche dell'ingegneria chimica di base si uniscono tutte le peculiarità legate ai temi dello sviluppo sostenibile, dell'economia circolare e dell'innovazione di prodotto che sono alla base della formazione del Corso di Laurea in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile, e proposti nell'ambito del nostro corso.

Il corso, tenuto da manager Maire Tecnimont, si propone di fornire le conoscenze e la comprensione su aspetti salienti, teorici e pratici, relativi alle tecniche di identificazione e implementazione della strategia di impresa volta allo sviluppo dell'innovazione tecnologica, in specifici settori industriali, con un approccio volto allo sviluppo e alla promozione di tecnologie sostenibili quali energia da fonti alternative e settori legati all'industria chimica (Oil, Gas, Petrochimica, Fertilizzanti). Il tema della sostenibilità ha conquistato, e continua a conquistare, spazi sempre crescenti, essendo al centro di qualsiasi strategia di ripartenza industriale, che ruota intorno alla transizione energetica considerata come percorso irreversibile e nuovo modello di vita quotidiana, non una semplice risposta ai cambiamenti climatici.

Prerequisiti

Nessuna

Contenuti del corso

Definizioni e dettagli di strategia, tecnologia, innovazione, strategia di impresa ed innovazioni tecnologiche

Analisi SWOT

Finanziamenti per innovazione

Blue ocean strategy

Matrici portafoglio

Piano industriale

Project Management

Green economy e transizione energetica

Business plan e analisi strategica

Comunicazione e diffusione

IP process e Patentoverview

Piano economico finanziario

Energia Nucleare (overview)

Metodi didattici

Lezioni frontali interattive con supporto di slides preparate dai docenti del corso.

Seminari su argomenti mirati, condotti da nostri managers qualificati.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Prova di esame con preparazione tesina di gruppo ed esposizione in presentazione .ppt e prova orale su argomenti trattati a lezione.

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

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 finale sarà valutato tenendo conto della tesina (preparazione ed esposizione) edella prova orale.

Il voto conseguito sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico

Testi di riferimento

Slides del corso.

R. Grant. "Analisi strategica per le decisioni aziendali" - Il Mulino, bologna, 2011

R. Grant. "Contemporary Strategy Analysis" – Blackwell

Mark Dogson, David Gann, Ammon Salter. "The Management of Technological Innovation" – Oxford University press

Altre informazioni

Il successo di questa specifica facoltà di ingegneria nasce proprio dal connubio della chimica classica con lo sviluppo delle tecnologie industriali, rivolte il più possibile verso la sostenibilità ambientale; ed è così che si delinea la figura dell'ingegnere chimico moderno. La sfida cui si troveranno innanzi i futuri ingegneri, sarà anche quella di coniugare gli standard di benessere con la transizione energetica, passando da fonti emmissive, esauribili e concentrate, come gas e petrolio, a fonti diffuse come le rinnovabili.

L'attività didattica è offerta in:

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

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

Stampa del 14/07/2023

Sviluppo, modellazione e ottimizzazione dei processi sostenibili [2202243]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: GAETANO IAQUANIELLO

Periodo: Primo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Il corso si propone di far apprendere allo studente gli strumenti necessari per l'analisi, simulazione e l'ottimizzazione di 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 degli schemi di processo, alla loro simulazione, sviluppo e all'utilizzo di cariche non convenzionali quali l'idrogeno verde.

Prerequisiti

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Progettazione degli Impianti Chimici

Contenuti del corso

- Definizione del concetto di processo sostenibile, uso della CO₂ come materia prima ed individuazioni delle operazioni unitarie principali.
- La produzione di idrogeno verde, blu e da processi non convenzionali
- L'utilizzo dei rifiuti solidi urbani nella produzione di syngas
- La produzione di HVO e SAF da oli vegetali e da scarti di lavorazione
- La produzione di green ammonia e metanolo
- Il processo di metanazione per la produzione di SNG
- Definizione dei criteri di scale-up per le varie operazioni unitarie
- Valutazione dei costi di produzione attraverso l'analisi dei costi variabili e dei costi fissi
- Introduzione al concetto di simulazione mediante software, Presentazione di Aspen Plus
- Descrizione e guida alla scelta dei modelli termodinamici con relative banche dati
- Descrizione delle principali operazioni unitarie e ottimizzazione della loro interconnessione.
- Analisi e simulazione di processo
- Cenni di catalisi industriale e simulazione dei reattori chimici attraverso software.
- Ottimizzazione dei principali parametri operativi e integrazione termica - Introduzione alla valutazione aspetti critici nel funzionamento in condizioni reali e di start-up di un impianto.

Metodi didattici

Tipologie di attività didattiche previste e relative modalità di svolgimento:

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.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento

Esame scritto articolato su due/tre esercizi di simulazione di operazioni unitarie.

La durata totale della prova scritta è fissata in 4 ore. L'esame scritto è seguito da una prova orale dedicata in parte alla discussione sulle lezioni monografiche, sugli esercizi svolti all'esame scritto ed alla discussione di una tesina di gruppo nella quale è stata condotta la simulazione e l'ottimizzazione di un processo chimico.

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

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

Dispense del docente

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

Lo studente è stimolato a sviluppare un approccio critico rispetto all'analisi degli schemi di processo e all'utilizzo di cariche non convenzionali. Allo studente viene richiesto di verificare autonomamente la fattibilità tecno-economica delle soluzioni proposte anche in termini di CO2 prodotta per unità di prodotto.

Lo studente apprenderà come esporre gli argomenti in modo chiaro ed efficace ed utilizzando una espressione verbale tecnica idonea.

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 alternativi.

L'attività didattica è offerta in:**Facoltà Dipartimentale di Scienze e Tecnologie per lo Sviluppo Sostenibile e One Health**

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	CURRICULUM B - Tecnologie per l'Economia Circolare	6	ING-IND/25

Stampa del 14/07/2023

Tecnologie e Bioprocessi per l'Industria Alimentare [2202235]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: LUIGI NATALONI

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

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 industriali 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.

I metodi didattici e di verifica dell'apprendimento di seguito riportati potrebbero subire delle modifiche durante l'intero anno accademico in ottemperanza alle disposizioni di legge eventualmente emanate.

Prerequisiti

Propedeuticità: Nessuna

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 industriali 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
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, isomerasettc
Possibili sviluppi: sostenibilità via enzimi etcc
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: 48 ore.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione 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 accertare il grado effettivo di apprendimento e la capacità di rielaborazione autonoma delle conoscenze e delle abilità descritte negli obiettivi formativi.

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

Nella prova orale si valuterà 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 punteggio massimo conseguibile nella prova orale è di 30/30 e lode.

L'esame sarà superato se e solo se si consegnerà un voto maggiore o uguale a 18/30. Il voto sarà registrato sul libretto dello studente e su un verbale elettronico.

Testi di riferimento

Dispense del docente caricate sulla pagina del corso sulla piattaforma di elearning d'Ateneo.

Altre informazioni

Lo Studente deve dimostrare di sapere:

- 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.

L'attività didattica è offerta in:

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

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

Stampa del 14/07/2023

Tecnologie e innovazione dei prodotti chimici [2202132]

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: STEFANO SCIALLA

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire agli studenti la conoscenza dei parametri fondamentali che regolano la sintesi di prodotti polimerici e delle tecniche di polimerizzazione comunemente utilizzate. Inoltre, l'insegnamento propone l'apprendimento dei principali metodi d'innovazione utilizzati nello sviluppo dei prodotti chimici, ai quali vengono applicate tecniche di funzionalizzazione fisico-chimica, principi termodinamici e cinetici di ingegneria e criteri di sostenibilità economico-ambientale.

Prerequisiti

Matematica, chimica organica e inorganica, fisica e termodinamica

Contenuti del corso

Parte I: prodotti polimerici

Definizione di polimeri e tecniche di sintesi

Tecniche di caratterizzazione chimico-fisiche dei polimeri

Tecniche di funzionalizzazione dei materiali polimerici

Esempi di applicazioni dei polimeri a prodotti chimici e materiali

Caso studio: gli idrogel

Parte II: innovazione dei prodotti chimici e polimerici

Introduzione al concetto di design di prodotto chimico e di categorie di prodotti dell'industria chimica

Necessità del consumatore e criteri di selezione delle idee

Metodologie d'innovazione del prodotto basate sullo studio del consumatore

Lancio di un prodotto: preparazione, packaging, regole e considerazioni economiche e di sostenibilità

Life Cycle Assessment e concetti di Economia Circolare

Laboratorio: applicazione sperimentale di concetti visti a lezione, nell'ambito dei polimeri

Metodi didattici

Lezione e attività di laboratorio

Ore di lezione: 42

Ore di laboratorio: 6

Modalità di verifica dell'apprendimento

Esame orale.

La prova orale è strutturata in due parti, da svolgersi consequenzialmente:

Parte 1: esposizione, della durata massima di 15 minuti, con presentazione in PowerPoint, di un project work

realizzato a gruppi di 2 o 3 studenti, relativo a un "caso studio" di design e innovazione di un prodotto chimico. Il

"caso studio" sarà scelto autonomamente dagli studenti e approvato dal docente. Nell'elaborato lo studente deve,

almeno, saper dimostrare la comprensione delle criticità competenti al caso studio scelto e discuterne la proposta di innovazione secondo i seguenti punti:

- Individuare le necessità del mercato/consumatore ancora insoddisfatte
- Proporre un'idea migliorativa del prodotto
- Valutare la fattibilità dell'idea (selettività), riportando dati e/o considerazioni quantitative
- Effettuare una comparazione dei costi associati alla produzione e sostenibilità

Parte 2: due domande sugli argomenti del corso.

È prevista una durata complessiva della prova orale di 35 minuti.

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:

Slide del docente

Testi di consultazione:

- E.L. Cussler, G. D. Moggridge "Chemical Product Design", Cambridge University Press (2011)
- C.E. Carraher "Polymer Chemistry" - Marcel Dekker, Inc (2003)

Altre informazioni

- Conoscenza e comprensione dei processi di polimerizzazione, delle tecniche di caratterizzazione e funzionalizzazione chimico-fisica dei polimeri
- Consapevolezza degli aspetti di innovazione di carattere globale, ambientale e di sostenibilità applicati nella valutazione di un prodotto chimico
- Capacità di individuare le criticità dei prodotti chimici e proporre soluzioni alternative
- Capacità di progettare le fasi di sviluppo di un innovativo prodotto chimico o polimerico, dalla fase di sviluppo delle idee alla produzione

L'attività didattica è offerta in:

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

Tipo corso	Corso di studio (Ordinamento)	Percorso	Crediti	S.S.D.
Corso di Laurea Magistrale	Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Chimica per lo Sviluppo Sostenibile (2017)	CURRICULUM B Tecnologie per l'Economia Circolare	6	ING-IND/23

Stampa del 14/07/2023

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

Offerta didattica a.a. 2022/2023

Docenti: AGOSTINO RE REBAUDENGO

Periodo: Secondo Ciclo Semestrale

Obiettivi formativi

Il corso introduce il tema del cambiamento climatico, delle sue cause e delle possibili soluzioni, tra le quali la transizione verso un sistema energetico a basse emissioni e l'adozione di processi e tecnologie sostenibili coerenti con i principi di economia circolare.

Particolare importanza verrà data al trattamento della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani (FORSU) per la produzione di biometano: oltre alle lezioni teoriche, sono previste lezioni in un impianto di trattamento FORSU. Un approfondimento sarà inoltre dedicato all'avanzamento della ricerca e della cattura e valorizzazione della CO₂ e dei possibili scenari di sviluppo dell'idrogeno.

Prerequisiti

Conoscenze di termodinamica, di chimica generale e organica.

Contenuti del corso

1. Introduzione al cambiamento climatico: cause, conseguenze e soluzioni. Scenario energetico e tendenze nazionali e sovranazionali. Obiettivi di decarbonizzazione al 2030.
2. Introduzione ai principi dell'economia circolare e panoramica sul sistema nazionale di gestione dei rifiuti. La valorizzazione energetica del biogas da discarica: modelli predittivi di produzione, struttura degli impianti e tecnologie.
3. Nozioni di pianificazione strategica, piano d'azione, controllo delle performance e project management. La valutazione economica e finanziaria di una nuova iniziativa nel settore del biometano. I principali indicatori economico-finanziari: la struttura dei costi e dei ricavi, il conto economico, i flussi di cassa, i CAPEX.
4. Il processo di digestione anaerobica di biomasse e rifiuti: le fasi biologiche e i parametri di processo. Tipologie di biodigestori e confronto tra le tecnologie impiantistiche, bilanci di massa ed energia, produzione di biometano e compost.
5. I trattamenti del biogas: produzione di energia termica ed elettrica da cogenerazione, confronto tra processi e tecnologie per l'upgrading a biometano.
6. Le nuove iniziative nel settore del biometano: modelli di sviluppo, iter autorizzativi e meccanismi di incentivazione.
7. La ricerca avanzata nel campo dell'economia circolare. Focus sulla cattura e l'utilizzo della CO₂: tecnologie, utilizzi, progetti di ricerca.
8. Tecnologie per il recupero di materia ed energia da rifiuti solidi: gassificazione e pirolisi.
- 9.. Le potenzialità dell'idrogeno (grey, blue, green). Dalla produzione all'utilizzo.
10. Visita ad un impianto di produzione biometano e compost, o in alternativa seminari tenuti da esperti del settore.

Metodi didattici

Gli argomenti saranno presentati attraverso lezioni frontali con riferimenti specifici ad applicazioni pratiche. Il corso includerà una visita a un impianto di produzione biometano e compost e/o alcuni seminari tenuti da illustri esperti a completare le lezioni.

Modalità di verifica dell'apprendimento

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento:

Le conoscenze e le abilità acquisite saranno verificate mediante una prova orale della durata minima di 30 minuti.

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

Il voto conseguito è espresso in trentesimi (fino a 30/30 e lode) 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

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;
- conoscere i principali strumenti per la valutazione economica e finanziaria e la gestione di un progetto;
- conoscere la realtà industriale del trattamento della FORSU.

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

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

Stampa del 14/07/2023