UNIVERSITÀ DI PISA

PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA

ROBERTO MAURI

Academic year	2021/22
Course	INGEGNERIA CHIMICA
Code	540II
Credits	12

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA I	ING-IND/24	LEZIONI	60	VINCENZO TRICOLI
PRINCIPI DI INGEGNERIA CHIMICA II	ING-IND/24	LEZIONI	60	RACHELE LAMIONI ROBERTO MAURI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Questo è il primo corso in cui lo studente apprende come affrontare problemi relati al trasporto di massa, energia e quantità di moto. La sua caratteristica principale è quella di presentare una formulazione unitaria e coerente per tutti i fenomeni di trasporto. I flussi di massa, calore e quantità di moto sono espressi come la somma di una componente convettiva e di una diffusiva, quest'ultima modellata come il moto casuale di un tracciante (di massa, energia e quantità di moto). Alla fine, questa teoria generale viene applicata per modellare il moto dei fluidi e il trasporto di calore e massa, con enfasi particolare alle applicazioni più rilevanti che si incontrano nell'ingegneria chimica.

Modalità di verifica delle conoscenze

- Alla fine del I modulo è previsto un esame scritto ed uno orale, della durata di 1 ora, in cui lo studente deve dimostrare di saper impostare e risolvere problemi relativi al moto dei fluidi e al trasporto di quantità di moto.
- Alla fine del II modulo è previsto un esame orale complessivo, della durata di 1 ora, in cui lo studente deve dimostrare di conoscere i principi che regolano tutti i fenomeni di trasporto e di saperli applicare alla risoluzione di problemi rilevanti all'ingegneria chimica.

Capacità

Al termine del corso lo studente saprà affrontare problemi relati al trasporto di massa, energia e quantità di moto applicati all'industria e ai processi chimici. In particolare, avrà acquisito la conoscenza dei modelli fisici dei fenomeni di trasporto, delle equazioni che li governano e delle loro soluzioni analitiche.

Modalità di verifica delle capacità

- Alla fine del I modulo è previsto un esame scritto e uno orale, in cui lo studente deve dimostrare di saper impostare e risolvere problemi relativi al moto dei fluidi e al trasporto di quantità di moto.
- Alla fine del II modulo è previsto un esame orale complessivo, in cui lo studente deve dimostrare di conoscere i principi che regolano tutti i fenomeni di trasporto e di saperli applicare alla risoluzione di problemi rilevanti all'ingegneria chimica.

Comportamenti

Lo studente potrà acquisire la capacità di impostare un problema complesso, risolvendolo a partire dai suoi fondamenti teorici.

Modalità di verifica dei comportamenti

Durante le esercitazioni gli studenti verranno stimolati a suggerire modi alternativi per risolvere problemi concreti.

UNIVERSITÀ DI PISA

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Per seguire il corso in modo proficuo lo studente deve possedere conoscenze di base dell'analisi matematica (derivate e integrali, equazioni differenziali ordinarie. equazioni differenziali alle derivate parziali) , algebra lineare (vettori e tensori, teorema della divergenza) e di termodinamica (prima e seconda legge, proprietà volumetriche e calorimetiche, potenziale chimico).
Propeduticità obbligatorie: Analisi Matematica I e II, Algebra Lineare, Termodinamica dell'Ingegneria Chimica.

Indicazioni metodologiche

- Modo in cui si svolgono le lezioni e le esercitazioni: lezioni on line e in presenza. La frequenza è altamente consigliata.
- Tipo di interazione docente-studente: ricevimenti settimanali, comunicazioni via e-mail.
- Uso del sito e-learning: scaricamento materiale didattico, comunicazioni studenti-docenti, pubblicazione di esercizi risolti in preparazione all'esame.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Principi di Ingegneria Chimica, Parte I

1. **Introduzione alla meccanica dei fluidi** Densità, sforzi, visosità.
2. **Statica dei fluidi.** Equilibrio idrostatico, manometri.
3. **Bilanci macroscopici.** Bilancio di massa. Bilancio di energia, Equazione di Bernoulli. Bilancio di quantità di moto.
4. **Flussi nei tubi.** Perdite di carico distribuite. Perdite di carico localizzate.
5. **Flusso laminare.** Flusso di Poiseuille e di Couette.
6. **Bilanci microscopici.** Equazione di continuità. Equazione di Cauchy e di Navier-Stokes.
7. **Flussi unidirezionali.** Flussi in tubi e in canali. Esempi. Moti quasi unidirezionali.
8. **Flussi quasi stazionari.**
9. **Moto in letti granulari.**

Principi di Ingegneria Chimica, Parte II

1. **Concetto del trasporto di massa, energia e quantità di moto**. Convezione e diffusione. Random walk: i fondamenti microscopici della diffusione. Equazioni costitutive; viscosità, conducibilità termica e diffusività. (Cap. 0((5 ore)
2. **Aspetti generali della fluidodinamica e strato limite laminare**. Strato limite e resistenza viscosa. Distacco dello strato limite. Vortici di von Karman. (cap. 2.1-2.3, 7.1, 7.3) (5 ore)
3. **Conduzione del calore con e senza generazione.** Geometria piana, cilindrica e sferica. Il numero di Biot. Il solido composto. Conduzione con reazione chimica. Approssimazione di quasi stazionarietà. (Cap. 8, 9.1) (5 ore)
4. **Bilanci macroscopici di energia.** Il coefficiente di scambio termico. Gli scambiatori di calore. Alettature di raffreddamento (Cap. 10) (5 ore)
5. **Conduzione variabile nel tempo.** Equazione del trasporto di calore. Trasporto di calore in un mezzo semi-infinito. Trasporto di calore in un solido finito. (Cap. 11.1-11.4) (5 ore)
6. **Trasporto di calore convettivo.** Analisi dimensionale. Strato limite termico. Analogia di Colburn-Chilton. (Cap. 12) (5 ore)
7. **Introduzione al trasporto di specie chimiche.** Flussi molari e massici. Le equazioni costitutive. Diffusione in un film stagnante. (Cap. 13) (5 ore)
8. **Trasporto di massa stazionario.** Diffusione con reazione chimica eterogenea. Diffusione con reazione chimica omogenea. Il numero di Damkohler. Il fronte di reazione. Approssimazione di quasi stazionarietà. (Cap. 13) (5 ore)
9. **Trasporto di massa non stazionario.** Trasporto attraverso una membrana. Evaporazione di un liquido da un serbatoio. Evaporazione di una particella. (Cap. 15.1–15.3) (2 ore)
10. **Trasporto di massa convettivo.** Strato limite molare. Approssimazione di quasi stazionarietà. (Cap. 16.2, 16.4) (3 ore)
11. **Fenomeni di trasporto in un flusso turbolento.** Scaling di Kolmogorov. Equazioni mediate nel tempo, flussi turbolenti, diffusività turbolente. Mixing length. Profilo logaritmico di velocità alla parete. (Cap. 17) (5 ore)
12. **L'irraggiamento.** Legge di Stefan-Boltzmann. Emissione e assorbimento, legge di Kirchoff. Il fattore di vista. (Cap. 19.1, 19.2) (3 ore)
13. **Cenni sulla convezione naturale.** Analisi dimensionale. Numero di Grashof. Strato limite nella convezione naturale. (Cap. 18.3, 18.4) (2 ore)
14. **Scambio termico con transizioni di fase.** Pool boiling, flow boiling. (Cap. 18.6) (2 ore)
15. **Antidiffusione**. Gradienti di potenziale chimico in miscele binarie liquide non ideali. (Cap. 20) (3 ore)

Bibliografia e materiale didattico

Libri di testo:

- R. Mauri, "Fenomeni di Trasporto", 2011, Pisa University Press.(*)
- R.B. Bird, W.E. Steward, E.N. Lightfoot, "Transport Phenomena" 1960, Wiley.

(*) in inglese: R. Mauri, "Transport Phenomena in Multiphase Flows", Springer (2015)

Indicazioni per non frequentanti

Lo studente non frequentante può seguire il progredire del corso consultando il registro elettronico e studiando sul libro di testo.

Modalità d'esame

- Alla fine del I modulo è previsto un esame scritto e uno orale, in cui lo studente deve dimostrare di saper impostare e risolvere problemi relativi al moto dei fluidi e al trasporto di quantità di moto.
- Alla fine del II modulo è previsto un esame orale complessivo, in cui lo studente deve dimostrare di conoscere i principi che regolano tutti i fenomeni di trasporto e di saperli applicare alla risoluzione di problemi rilevanti all'ingegneria di processo.

Altre informazioni: Le due prove orali alla fine del I e del II modulo durano 1 ora e prevedono anche lo svolgimento, almeno impostato, di uno o due esercizi.

Altri riferimenti web

Registro elettronico:
https://unimap.unipi.it/registri/registri.php?ri=009185&tmplt=principale.tpl&aa=2017

Ultimo aggiornamento 16/07/2021 13:00