UNIVERSITÀ DI PISA

OPERAZIONI UNITARIE

CRISTIANO NICOLELLA

Anno accademico	2019/20
CdS	INGEGNERIA CHIMICA
Codice	625II
CFU	12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
OPERAZIONI UNITARIE I	ING-IND/25	LEZIONI	60	CRISTIANO NICOLELLA
OPERAZIONI UNITARIE II	ING-IND/25	LEZIONI	60	ELISABETTA BRUNAZZI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze
L'obiettivo del corso, suddiviso in due moduli, è di fornire le metodologie e le conoscenze teoriche necessarie all'analisi delle operazioni unitarie di scambio termico e di materia, di fornire gli strumenti necessari alla progettazione di processo ed all'esercizio delle apparecchiature impiegate nelle operazioni di scambio termico (modulo 1- Operazioni Unitarie I), e di scambio di materia (modulo 2 - Operazioni Unitarie II).
Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito a:

- principali operazioni unitarie di trasferimento di calore e di materia;
- meccanismi di trasferimento di calore e di materia rilevanti nei processi chimici industriali;
- principali apparecchiature di scambio termico e di materia;
- criteri di verifica e dimensionamento di apparecchiature di scambio termico e di materia;
- elaborazione data sheet e sketch

Modalità di verifica delle conoscenze
Per entrambi i moduli lo studente verrà valutato in relazione alla sua capacità di discutere criticamente i principali contenuti del corso utilizzando la terminologia appropriata.
Metodi (per ciascun modulo):

- esame scritto
- esame orale con discussione di esercizi di dimensionamento assegnati durante il modulo

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

- descrivere quantitativamente processi di trasferimento di calore e di materia;
- identificare le apparecchiature idonee a operazioni di scambio termico e trasferimento di materia;
- verificare e dimensionare le apparecchiature;
- elaborarne datasheet e sketch

Modalità di verifica delle capacità
In entrambi i moduli, allo studente è rischiesto di produrre una relazione di progetto per apparecchiature assegnate durante il corso

Comportamenti
Lo studente potrà acquisire sensibilità ai problemi di verifica e dimensionamento delle apparecchiature di scambio termico e di trasferimento di materia

Modalità di verifica dei comportamenti
Durante il modulo di Operazioni Unitarie I vengono assegnati agli studenti tre problemi di dimensionamento di apparecchiature di scambio termico. Per superare l'esame, gli studenti devono produrre una relazione di progetto che verrà valutata anche in termini di accuratezza e coerenza della presentazione.
Durante il modulo di Operazioni Unitarie II vengono assegnati agli studenti due problemi di dimensionamento di apparecchiature di trasferimento di materia e due esercizi. Per superare l'esame, gli studenti devono produrre una relazione di progetto che verrà valutata anche in

termini di accuratezza e coerenza della presentazione.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

L'allievo che accede a questo insegnamento ha acquisito una solida conoscenza della termodinamica, della fluidodinamica e dei fenomeni di trasporto. Tali nozioni si acquisiscono in generale superando gli esami di Termodinamica dell'Ingegneria Chimica e di Principi dell'Ingegneria Chimica.

Indicazioni metodologiche

Lezioni frontali
Esercitazioni in aula
Materiale didattico reso disponibile sulla piattaforma elearning

Programma (contenuti dell'insegnamento)

Parte 1 - Operazioni unitarie I
1) Introduzione alle operazioni unitarie. Il concetto di operazione unitaria. Relazione tra studio dell'operazione unitaria e progettazione della relativa apparecchiatura di processo. Impostazione generale dei criteri di analisi delle diverse operazioni unitarie. Equazioni di bilancio e di flusso, relazioni di equilibrio.
2) Scambio termico in assenza di cambiamento di fase. Richiami sulla trasmissione del calore. Equazioni di bilancio. Equazioni di flusso e forza motrice. L'utilizzo della media logaritmica di temperatura per il calcolo della forza motrice. Il calcolo dei coefficienti di scambio termico e la dipendenza dalla geometria dell'apparecchiatura. Descrizione dei principali tipi di scambiatori di calore e criteri di scelta. Impostazione delle equazioni di bilancio e di flusso per scambiatori di calore liquido/liquido in assenza di cambiamento di fase: scambiatori a doppio tubo, a fascio tubiero, a serpentino o semitubo. Standard costruttivi degli scambiatori a fascio tubiero (norme TEMA). Calcoli di verifica e dimensionamento su scambiatori.
3) Scambio termico in presenza di cambiamento di fase. Richiami sul fenomeno della condensazione. Equazioni di bilancio. Equazioni di flusso e forza motrice. Coefficiente di scambio termico: la teoria di Nusselt. Descrizione delle principali apparecchiature per la condensazione. Impostazione delle equazioni di bilancio e di flusso per condensatori di vapori puri. Calcoli di verifica su condensatori. di vapori puri. Richiami sul fenomeno dell'evaporazione. Descrizione dei principali tipi di evaporatori e criteri di scelta.
Parte 2 - Operazioni unitarie II
1) Distillazione. Richiami di equilibri LV e diagrammi. Processi semplici di vaporizzazione e condensazione. Distillazione continua in apparecchiatura a stadi multipli. Stadio ideale e reale. Bilanci di materia e di entalpia (M.E.S.H.). Rette operative. Condizioni termiche dell'alimentazione. Stadio ottimale di alimentazione. Riflusso totale, minimo, ottimale. Alimentazioni multiple ed estrazioni laterali. Distillazione in corrente di vapore. Collegamento colonna-reboiler e principali caratteristiche. Distillazione di sistemi binari parzialmente miscibili, separatore di fase. Riflusso sottoraffreddato. Collegamento condensatore-colonna, condensatore totale e parziale. Distillazione discontinua a stadio singolo. Distillazione discontinua multistadio.
2) Colonne a piatti: tipi di piatto, caratteristiche fluidodinamiche, limiti di operabilità, criteri per il dimensionamento, efficienza del piatto, profilo termico. Particolari costruttivi e sketch di colonna a piatti. Specifica di processo di colonna a piatti. Scelta delle condizioni operative.
3) Richiami sul trasferimento di materia tra fasi. Approccio per il dimensionamento di apparecchiature a contatto continuo. Colonna a riempimento: riempimenti convenzionali ed innovativi. Caratteristiche fluidodinamiche: bagnatura, loading, perdite di carico, hold-up, flooding. Particolari costruttivi, internals (per es. distributori di gas e liquido, demisters, griglie; tipologie, funzionamento e criteri di selezione degli internals), sketch di colonne a riempimento.
4) Assorbimento e stripping. Richiami di equilibrio liquido-gas. Trasporto di materia attraverso film stagnante (coefficienti di scambio, composizione all'interfaccia, coefficiente globale di scambio) e bilanci di materia. Richiami di assorbimento chimico ed esempi. Scelta delle condizioni operative e criteri di dimensionamento di colonne a riempimento. Casi concentrato e diluito. Numero ed altezza unità di trasferimento. Specifica di processo di colonna a riempimento e relativo sketch.
5) Operazioni di umidificazione. Concetti fondamentali. Temperature di rugiada, di bulbo umido e di saturazione adiabatica. Metodi di calcolo delle torri di umidificazione e deumidificazione. Torri di raffreddamento: tipi, caratteristiche costruttive e di funzionamento.
6) Estrazione liquido-liquido. Richiami di rappresentazione di sistemi ternari e di equilibrio liquido-liquido. Scelta del solvente. Processo semplice di estrazione. Estrazione multipla a correnti incrociate. Estrazione multistadio in controcorrente. Estrazione multistadio in controcorrente, a contatto continuo in controcorrente. Caratteristiche costruttive e di funzionamento di apparecchiature per l'estrazione liquido-liquido.
7) Adsorbimento. Richiami di equilibri di adsorbimento. Operazioni di adsorbimento. Principali apparecchiature e criteri di dimensionamento.

Bibliografia e materiale didattico

R.H. Perry, D.W. Green: "Perry'S Chemical Engineer' Handobook", Mc Gaw-Hill
D. Kern: "Process heat transfer", Mc Graw - Hill
R. Treybal: "Mass Transfer Operations", Mc Graw Hill
W.L. McCabe, J.C. Smith, P. Harriott: "Unit operations of chemical engineering", Mc Graw Hill
J.M. Coulson, J.F. Richardson: "Chemical Engineering", Pergamon Press (vols. 1, 2 and 6)
Altro materiale (procedure di dimensionamento, slide sul corso, esempi di datasheet e sketch) è reso disponibile agli studenti sulla piattaforma elearning

Modalità d'esame

Prova scritta e prova orale di discussione dell'elaborato progettuale, separate per ciascun modulo, con l'obbligo di superare le prove del primo modulo per poter accedere alle prove del secondo.

- Le prove scritte, della durata di 3 ore, consistono nella soluzione di un problema di dimensionamento di apparecchiature di

scambio termico (modulo I) e di trasferimento di materia materia (modulo II).

- Le prova scritte verranno valutate in trentesimi e si intendono superate se la votazione di ciascuna è maggiore di 15.
- Le prove orali consistono nella discussione dei problemi di dimensionamento di apparecchiature assegnati durante il corso e svolti dagli studenti in gruppi fino a un massimo di tre studenti per gruppo.
- Le prove orali verranno valutate in trentesimi.
- Il voto finale di ciascun modulo verrà calcolato come media algebrica tra il voto della prova scritta e il voto della prova orale.
- Il voto finale del corso verrà valutato come media algebrica tra il voto finale del primo modulo e quello del secondo modulo

Ultimo aggiornamento 01/08/2019 13:55