

Operazioni Unitarie e Reattori Chimici
Settore Scientifico-Disciplinare: ING-IND/25 (Impianti Chimici)
CFU: 5

Modulo caratterizzante per la Laurea Triennale in Chimica Industriale
II semestre - III anno

Programma

Principi della distillazione binaria. Distillazione flash a stadio singolo. Colonne di distillazione. Condizioni di lavoro. Rapporto di riflusso. Retta di alimentazione. Metodo grafico di McCabe-Thiele per il dimensionamento di una colonna di distillazione. Rapporto di riflusso minimo. Numero minimo di stadi. Rapporto di riflusso ottimale. Operazioni di rettifica e di stripping. Caratteristiche costruttive degli stadi di contatto. Efficienza di Murphree e numero degli stadi di contatto reali.

Principi dell'estrazione liquido-liquido. Estrazione liquido-liquido a stadio singolo; quantità minima e massima di solvente. Estrazione liquido-liquido a stadi multipli a flussi incrociati. Estrazione liquido-liquido in controcorrente semplice; quantità minima e massima di solvente. Estrazione liquido-liquido in controcorrente con riflusso; rapporto minimo di riflusso e numero minimo di stadi. Caratteristiche costruttive degli estrattori liquido-liquido.

Trasporto molecolare di quantità di moto, calore e materia. Leggi di Newton, di Fourier e di Fick. Controdifusione equimolecolare e trasporto in un gas stagnante. Trasporto di calore in geometria cilindrica. Regime di moto laminare in condotti cilindrici. Moto viscoso attorno a una sfera. Regime di Stokes. Trasporto con generazione. Regime di moto turbolento. Diffusività turbolenta di quantità di moto. Analisi del rapporto di meccanismi. Fattore d'attrito e numero di Reynolds. Fattore di forma e resistenza del mezzo. Coefficienti generalizzati di trasporto in regime di moto turbolento. Coefficiente di trasporto di calore. Numeri di Nusselt e di Prandtl. Coefficiente di trasporto di materia. Numeri di Sherwood e di Schmidt. Analogia di Colburn.

Trasporto di calore tra fasi. Caratteristiche costruttive degli scambiatori di calore. Gradi di libertà nelle operazioni di scambio termico. Condizioni minime di lavoro. Dimensionamento degli scambiatori di calore a tubi concentrici.

Trasporto di materia tra fasi. Caratteristiche costruttive delle colonne a riempimento. Gradi di libertà nelle operazioni di assorbimento gas-liquido. Portata minima di liquido assorbente. Condizioni di allagamento nelle colonne a riempimento e dimensionamento trasversale. Dimensionamento longitudinale delle colonne a riempimento. Altezza unitaria di trasferimento e numero delle unità di trasferimento.

Trasporto simultaneo di calore e materia. Grandezze caratteristiche del sistema aria-acqua. Temperatura di saturazione adiabatica e temperatura di bulbo umido.

Cenni sul trasporto di energia per irraggiamento.

Reattori chimici ideali per la conduzione di processi omogenei ed isotermi. Reattore discontinuo (STR), reattore tubolare ideale con flusso a pistone (PFR) e reattore a tino a completa miscelazione (CSTR). Relazioni analitico-grafiche tra il tempo (di reazione, di riempimento, medio di permanenza), la produttività, le espressioni cinetiche e le condizioni di lavoro. Progettazione di reattori chimici in condizioni ottimali.

Introduzione alla catalisi eterogenea. Intervallo di temperatura di potenziale attività catalitica. Cinetiche semplificate di processi catalitici eterogenei. Reattori catalitici a letto fisso e a letto fluidizzato.

Laboratorio ed Esercitazioni Numeriche di Operazioni Unitarie e Reattori Chimici
Settore Scientifico-Disciplinare: ING-IND/25 (Impianti Chimici)
CFU: 4

Modulo caratterizzante per la Laurea Triennale in Chimica Industriale
II semestre - III anno

Programma

1. Esercitazioni numeriche riguardanti:

- 1.1. Reattori chimici: dimensionamento e scelta delle migliori condizioni operative per reazioni singole, omogenee ed isoterme.
- 1.2. Distillazione di miscele binarie: progetto delle apparecchiature mediante il metodo di McCabe-Thiele.
- 1.3. Estrazione liquido-liquido: progetto di estrattori singoli o in batteria, con flussi in controcorrente o incrociati.
- 1.4. Scambio termico: progetto di apparecchiature a tubi concentrici.
- 1.5. Assorbimento: progetto di apparecchiature a riempimento o a piatti.

2. Attività di laboratorio riguardanti:

- 2.1. Analisi diffrattometrica dei raggi X su polveri: individuazione delle principali fasi cristalline.
- 2.2. Analisi granulometrica laser su polveri: calcolo della distribuzione granulometrica assoluta e cumulativa e dei diametri equivalenti.
- 2.3. Analisi porosimetrica ad intrusione di mercurio su polveri: calcolo della distribuzione porosimetrica assoluta e cumulativa.
- 2.4. Reattori a letto fluidizzato: messa in funzione dell'apparecchiatura, misure di portata, perdita di carico ed altezza del letto, verifica delle relazioni tra le tre proprietà.

Fonti bibliografiche

Appunti dalle lezioni.

A.S. Foust, L.A. Wenzel, C.W. Clump, L. Maus, L.B. Andersen, *I Principi delle Operazioni Unitarie*, Casa Editrice Ambrosiana.

O. Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering*, Ed. Wiley/Casa Editrice Ambrosiana.