

Esercitazione di Meccanica dei fluidi con Fondamenti di Ingegneria Chimica

Esercitazione 1 - 8 Ottobre 2015

Bilanci macroscopici

Esercizio 1 – Miscelatore isoterma

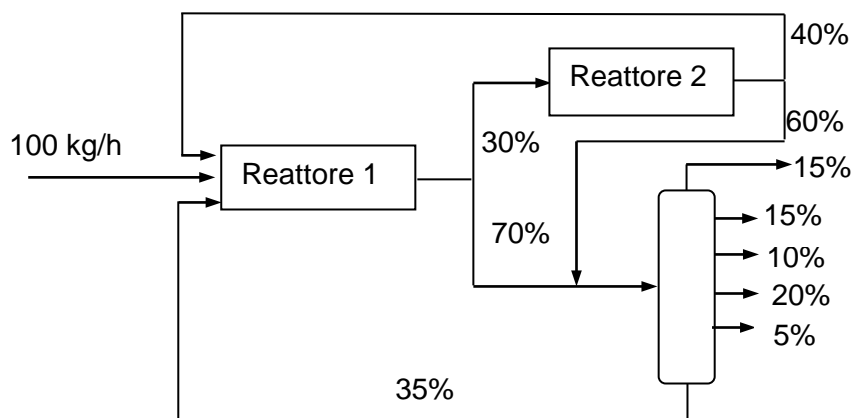
In un miscelatore isoterma vengono alimentate in continuo tre diverse correnti liquide (1,2 e 3 le cui portate sono rispettivamente pari a 10, 20 e 35 m³/h) di proprietà e composizioni note (riportate in tabella). La corrente in uscita è identificata dal numero 4. Si chiede di determinare per quest'ultima (ipotizzando che la miscela sia ideale):

1. Quantità e composizione
2. Peso molecolare medio
3. Calore specifico medio (molare e massivo)
4. Densità della miscela ipotizzando che le densità dei singoli componenti non dipendano dalla composizione

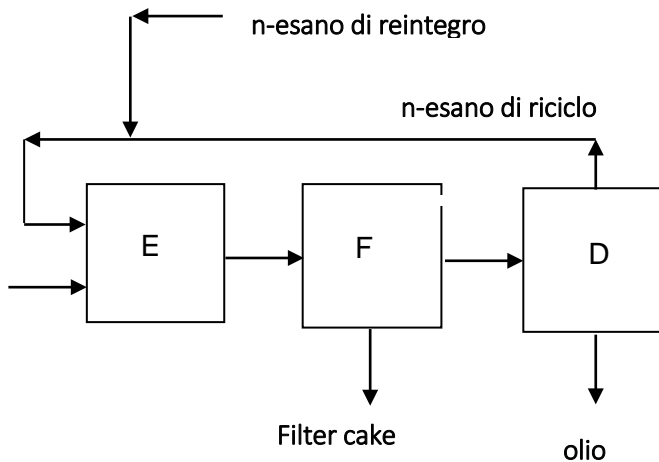
Componenti	A	B	C
Densità (kg/m ³)	792	1000	1220
Peso molecolare	32	18	46
Calore specifico massivo (cal/g/°C)	0.6	1	0.436
Frazione massiva nella corrente 1	0.10	0.30	0.60
Frazione massiva nella corrente 2	0.15	0.65	0.20
Frazione massiva nella corrente 3	0.45	0.15	0.40

Esercizio 2 – Impianto di distillazione

Una corrente della portata di 100 kg/h entra in un reattore in cui subisce una trasformazione. La corrente in uscita viene suddivisa: una parte viene mandata in una colonna di distillazione, l'altra in un secondo reattore. La corrente uscente dal secondo reattore viene in parte riciclata al primo e in parte mandata alla colonna. La coda della colonna è riciclata al primo reattore. Si calcolino le portate di tutte le correnti.



Esercizio 3 - Impianto di estrazione di olio di semi



I semi di girasole contengono mediamente il 13% in peso di olio mentre il resto è materiale solido non ulteriormente estraibile destinato a farine per zootecnia.

L'impianto di recupero dell'olio (si veda lo schema) prevede che i semi, opportunamente macinati, vengano messi in contatto con n-esano in una batteria di estrattori (E). Il compito dell'esano è quello di rendere solubile la fase oleosa, stante la forte affinità con l'olio. La sospensione fuoriuscita dall'estrazione è avviata ad un filtro (F) in grado di separare la frazione liquida, esano e olio disciolto, da quella solida che contiene peraltro una frazione residua di soluzione. La frazione solida viene scaricata, per

provvedere ad un ulteriore recupero, mentre quella liquida viene avviata ad una colonna di distillazione e rettifica (D) da cui fuoriescono l'olio e il n-esano praticamente puri. L'olio è avviato a stoccaggio, il n-esano è riciclato all'impianto di estrazione, previo reintegro. Sulla scorta dei dati assegnati, si chiede di valutare:

1. portate e composizioni massive di ogni corrente di processo
2. il rendimento in olio (kg di olio prodotto/kg olio contenuto nei semi)
3. la quantità di n-esano da reintegrare per sopperire alle perdite

Si assuma come base di calcolo 1 kg di semi/u.t. (unità di tempo) e come base finale 1 kg/u.t. di olio di semi prodotto.

Il Rapporto n-esano/semi è pari a 3kg/kg. Il "Filter Cake" (torta solida uscente dal filtro) è costituito per il 75% di solidi inerti e per il 25% dalla soluzione liquida

Esercizio 4 – Serbatoio di aria liquida

Un recipiente Dewar sferico contiene aria liquida a pressione atmosferica alla temperatura di 78.98 K. I dati riportano le dimensioni caratteristiche del Dewar e le proprietà chimico fisiche rilevanti per le specie considerate. Si richiede, a fronte di un riempimento completo del Dewar con aria liquida, di stabilire:

1. la quantità di aria liquida stoccata e la sua composizione massiva volumetrica
2. le densità parziali (kg/m³) e le concentrazioni (kmoli/m³) delle specie nel Dewar

Si assuma il diametro interno (ID) del guscio sferico pari a 1300 mm.

Dati

	% molare	PM (kg/kmole)	T _c [K]	P _c (atm)	Z _{ra}
Azoto (N₂)	78.12	28	126.2	33.5	0.2893
Ossigeno (O₂)	20.95	32	154.6	49.8	0.2830
Argon (Ar)	0.93	40	150.8	48.1	0.2891

Densità dei liquidi in condizioni di saturazione:

$$\frac{1}{\rho_L^s} = \left[\frac{RT_c}{PM \cdot P_c} \right] Z_{ra}^{[1+(1-T_R)^{2/7}]}$$

$$T_R = \text{temperatura ridotta } T / T_c$$

$$R = 0.08206 \text{ [litri atm / (mole K)]}$$

Esercizio 5 – Combustore seguito da condensazione parziale del vapore d'acqua

Una caldaia è alimentata da GPL (70% in moli di C_3H_8 , 30% di C_4H_{10}) come combustibile, utilizzando aria in eccesso del 15% sullo stechiometrico. Dopo la cessione di potenza termica, i fumi di combustione vengono ulteriormente raffreddati per condensare una parte del vapore d'acqua, portandoli a 20°C . Si chiede di calcolare:

1. portate e composizione dei fumi fuoriuscenti dalla caldaia
2. portate e composizioni delle correnti, liquida e vapore, uscenti dal condensatore parziale
3. controllare il bilancio ingresso/uscita in massa

Dati

Espressione di Antoine per la tensione di vapore dell'acqua:

$$\ln[P_{V_{H_2O}}(T)] = A - \frac{B}{(T + C)} \quad [mmHg] \quad T[K]$$

$A = 18.3036$
 $B = 3816.44$
 $C = -46.13$

Esercizio 7 – Respirazione e calo della massa corporea

Un essere umano adulto in condizioni di quiete ha, in media, 12 respiri al minuto. Ciascuna fase di inspirazione vede l'ingresso nei polmoni di circa 0.5 l di aria alle condizioni dell'ambiente. In una serie di prove sono state dedotte le condizioni medie dell'aria ambiente inspirata (in termini composizione, temperatura e pressione). Esse sono quelle citate in tabella con il pedice *IN*; per contro i dati dell'aria espirata (in uscita dai polmoni) sono citati nella stessa tabella con il pedice *OUT*. Si noti che la temperatura dell'aria espirata è uguale a quella corporea.

Sulla base dei dati disponibili si chiede di fare le valutazioni e i calcoli intesi a stabilire: le portate molari, massive e volumetriche dell'aria espirata; il bilancio di ciascun componente (in termini di differenza fra entrata ed uscita); la perdita di massa dell'organismo dovuta alla sola respirazione. Si chiede infine di valutare se l'ipotesi di equilibrio, o saturazione, per l'umidità dell'aria espirata sia, o no, ragionevole.

Specie T,P	PM (kg/kmole)	IN %vol	OUT % vol
Ossigeno (O_2)	32	20.6	15.1
Azoto (N_2)	28	77.4	75.0
Anidride Carbonica (CO_2)	44		3.7
Acqua (H_2O_v)	18	2.0	6.2
T ($^\circ\text{C}$)		24	37
P (atm)		1	1

Correlazione di Antoine per la tensione di vapore dell'acqua:

$$\ln[P_{V_{H_2O}}(T)] = A - \frac{B}{(T + C)} \quad [mmHg] \quad T[K]$$

$A = 18.3036$
 $B = 3816.44$
 $C = -46.13$

Esercizio 6 – Colonna di distillazione

Una corrente di processo contiene benzene e toluene secondo la composizione specificata nei dati. Detta corrente deve essere frazionata in una colonna di distillazione e rettifica binaria operante a pressione atmosferica con distillato e residuo entrambi in fase liquida. Sulla base delle specifiche assegnate, nonché delle proprietà chimico-fisiche riportate fra i dati, si chiede di effettuare valutazioni e calcoli intesi a stabilire

portate, entranti e uscenti, della colonna e loro composizioni in termini molari, massivi e volumetrici (a 20°C). Si prenda come riferimento una portata di alimentazione pari a 1 Kmole/u.t.

Dati

Benzene (C₆H₆)

PM 78.114, densità (20°C) 885 Kg/m³, T_{eb} (K) = 353.3

Toluene (C₇H₈)

PM 92.141, densità (20°C) 867 Kg/m³, T_{eb} (K) = 383.8

Composizione alimentazione (molare)

benzene 40% + toluene 60%

Specifiche della colonna

1. purezza in testa e in coda:

$$X_D = 0.98, \quad X_B = 0.01$$

2. purezza in testa e frazione di recupero:

$$X_D = 0.98, \quad D X_D / (F Z_F) = 0.95$$

X_D = frazione molare nel distillato;

X_B = frazione molare nel residuo;

D = portata di distillato;

F = portata di alimentazione.

