

FT II – Fundamentos: Transferencia de massa

Felipe B. Pinto 61387 – MIEQB

6 de maio de 2024

Conteúdo

1	Operações de transferencia de massa	2	3	Velocidades	5
2	Composições	3	4	Coeficiente de Difusão	6
Exemplo 1	4	5	5	Lei da difusão	7
		6	6	Fluxo máximo (molar) de i	8

1 Operações de transferencia de massa

1.1 Destilação

- Líquido-Vapor
- Todos os componentes tem duas fases
- Composição diferente em cada fase

1.2 Absorção Gasosa

- Gás-Líquido
- Apenas uma componente se distribui

1.3 Secagem

- Gás-Sólido
- Difusão do líquido presente no sólido para o gás

1.4 Extração Líquido-Líquido

- Solução heterogenea
- Solvente + Solução \rightarrow Extrato + Resíduo

2 Composições

Concentração mássica

$$\rho_A = \frac{m_A}{V} \quad \rho = \sum_i \rho_i$$

Concentração molar

$$c_A = \frac{\rho_A}{M_A} = \frac{N_A}{v} = \frac{p_A}{RT}$$

Fração molar

$$y_A = \frac{c_A}{c} = \frac{p_A/(RT)}{P/(RT)} = \frac{p_A}{P}$$

Exemplo 1

A composição molar de uma mistura gasosa a 273 K e 1.5 E⁵ Pa é

O ₂	CO	CO ₂	N ₂
7%	10%	15%	68%

Determine

E1 a)

A composição em percentagem mássica

Resposta

$$\rho_X = \frac{m_X \frac{\text{g (X)}}{\text{mol}}}{M \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{100 m_X}{M} \frac{\%g_X}{\text{g}};$$
$$m_X \frac{\text{g}_X}{\text{mol}} = \frac{M_X \text{g}_X}{\text{mol}_X} \frac{c_X \text{mol}_X}{\text{mol}} = M_X c_X \frac{\text{g}_X}{\text{mol}};$$

$$M \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \sum m_X \frac{\text{g (X)}}{\text{mol}} \implies$$
$$\implies \rho_X = \frac{100 M_X c_X}{\sum m_X} \frac{\%g_X}{\text{g}}$$

	O ₂	CO	CO ₂	N ₂
m_x	2.24	2.80	6.60	19.04
ρ_X	7.301	9.126	21.512	62.060
$M = 30.68$				

E1 b)

A massa específica da mistura gasosa

Resposta

Assumindo gás ideal.

$$\rho = \frac{M n}{V} = \frac{M n}{\frac{nRT}{P}} = \frac{M P}{R T} \cong \frac{30.68 \text{ E}^{-3} * 1.5 \text{ E}^5}{8.314 * 273.15} \cong 2.026 \text{ kg m}^{-3}$$

3 Velocidades

Velocidade mássica

$$\boldsymbol{v} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i \boldsymbol{v}_i}{\sum_{i=1}^n \rho_i} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i \boldsymbol{v}_i}{\rho}$$

Velocidade média molar

$$\boldsymbol{V} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \boldsymbol{v}_i}{c}$$

Velocidade relativa

Velocidade do componente i relativamente à velocidade média mássica/molar

$$\Delta \boldsymbol{v}_i = \boldsymbol{v}_i - \boldsymbol{v}$$

$$\Delta \boldsymbol{V}_i = \boldsymbol{v}_i - \boldsymbol{V}$$

4 Coeficiente de Difusão

$$D = f(P, T, \text{natureza do componente})$$

$$J_A = -D_{A,B} \nabla c_A$$

Valores típicos

Gases $(1 \rightarrow 10) \text{ E}^{-5}$

Líquidos $(0.5 \rightarrow 2) \text{ E}^{-9}$

Sólidos $(1 \rightarrow 1\,000\,000\,000\,000) \text{ E}^{-24}$

5 Lei da difusão

1ª Lei de Fick

$$\mathbf{J}_A = -D_{A,B} \nabla c_A$$

$D_{A,B}$ Coeficiente de difusão

Sistemas

Unidirecional

$$J_{A,z} = -D_{A,B} \frac{dc_A}{dz}$$

Isobárico e isotérmico

$$J_{A,z} = -c D_{A,B} \frac{dy_A}{dz}$$

6 Fluxo máximo (molar) de i

$$N_A = c_A v_A = y_A(N_A + N_B) - c D_{A,B} \nabla y_A$$

$$N_{A,z} = y_A(N_{A,z} + N_{B,z}) - c D_{A,B} \frac{dy_A}{dz}$$

$$J_{A,z} = c_A(v_{A,z} - V_z) = -c D_{A,B} \frac{dy_A}{dz} \implies$$

$$\implies c_A v_{A,z} =$$

$$= c_A v_z - c D_{A,B} \frac{dy_A}{dz} =$$

$$= c_A \left(\frac{c_A v_{A,z} + c_B v_{B,z}}{c} \right) - c D_{A,B} \frac{dy_A}{dz} =$$

$$= y_A (c_A v_{A,z} + c_B v_{B,z}) - c D_{A,B} \frac{dy_A}{dz};$$

$$N_A = c_A v_A \implies$$

$$\implies c_A v_{A,z} = N_{A,z} = y_A (N_{A,z} + N_{B,z}) - c D_{A,B} \frac{dy_A}{dz} \implies$$

$$\implies N_A = y_A (N_A + N_B) - c D_{A,B} \nabla y_A$$

6.1 Formas equivalentes para fluxo de massa em sistemas binários (A,B)

Flux	Gradient	Fick rate eq	Restrictions
n_A	$\nabla \omega_A$	$n_A = -\rho D_{A,B} \nabla \omega_A + \omega_A(n_A + n_B)$	Constant ρ
	$\nabla \rho_A$	$n_A = -D_{A,B} \nabla \rho_A + \omega_A(n_A + n_B)$	
j_A	$\nabla \omega_A$	$j_A = -\rho D_{A,B} \nabla \omega_A$	
	$\nabla \rho_A$	$j_A = -D_{A,B} \nabla \rho_A$	
N_A	∇y_A	$N_A = -c D_{A,B} \nabla y_A + y_A(N_A + N_B)$	Constant c
	∇c_A	$N_A = -D_{A,B} \nabla c_A + y_A(N_A + N_B)$	
J_A	∇y_A	$J_A = -c D_{A,B} \nabla y_A$	
	∇c_A	$J_A = -D_{A,B} \nabla c_A$	