

FT II – Exercices extras

Felipe B. Pinto 61387 – MIEQB

24 de junho de 2024

Conteúdo

Questão 1	. . . . .	2	Questão 4	. . . . .	5
Questão 2	. . . . .	3	Questão 5	. . . . .	8
Questão 3	. . . . .	4			

Questão 1

A composição molar de uma mistura gasosa a 273 K e $1.5 \text{ E}^5 \text{ Pa}$ é:

O_2	CO	CO_2	N_2
7%	10%	15%	68%

Determine:

Q1 a.

A composição em percentagem mássica

Resposta

$$X_{m,i} = \frac{m_i}{m_{total}} = \frac{m_i}{\sum m_i} = \frac{X_{N,i} M_i N_{total}}{\sum X_{N,i} M_i N_{total}} = \frac{X_{N,i} M_i}{\sum X_{N,i} M_i};$$
$$\frac{m_{total}}{N_{total}} \cong .07 * 32 + .10 * 30 + .15 * 44 + .68 * 28 = 30.88;$$

$$\begin{cases} X_{m,\text{O}_2} &= .07 * 32 / 30.88 \cong 7.254 \% \\ X_{m,\text{CO}} &= .10 * 30 / 30.88 \cong 9.715 \% \\ X_{m,\text{CO}_2} &= .15 * 44 / 30.88 \cong 21.373 \% \\ X_{m,\text{N}_2} &= .68 * 28 / 30.88 \cong 61.658 \% \end{cases}$$

Q1 b.

A massa específica da mistura gasosa

Resposta

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{NRT}{P}} \cong \frac{30.88 * N * 1.5 \text{ E}^5}{N * 8.314 * 273} \cong 2.041 \text{ kg/m}^3$$

Questão 2

Determine o coeficiente de difusão do CO numa mistura gasosa cuja composição é:

$$y_{\text{O}_2} = 0.20; \quad y_{\text{N}_2} = 0.70; \quad y_{\text{CO}} = 0.10$$

A mistura está à temperatura de 298 K e à pressão de 2 atm. Os coeficientes de difusão do CO em oxigénio e azoto são:

$$\mathcal{D}_{\text{CO},\text{O}_2}(273 \text{ K}, 1 \text{ atm}) = 1.85 \text{ E}^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\mathcal{D}_{\text{CO},\text{N}_2}(288 \text{ K}, 1 \text{ atm}) = 1.92 \text{ E}^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Resposta

$$\mathcal{D}_{\text{CO},M} = \frac{\sum_{j=2}^n y_j}{\sum_{i=2}^n y_i / \mathcal{D}_{\text{CO},i}};$$

$$\mathcal{D}_{(\text{CO},\text{N}_2,298 \text{ K},2 \text{ atm})} = \mathcal{D}_{(\text{CO},\text{N}_2,288 \text{ K},1 \text{ atm})} \frac{1}{2} \left(\frac{298}{288} \right)^{3/2} \cong 1.010 \text{ E}^{-5} \text{ m}^2/\text{s};$$

$$\mathcal{D}_{(\text{CO},\text{O}_2,298 \text{ K},2 \text{ atm})} = \mathcal{D}_{(\text{CO},\text{O}_2,273 \text{ K},1 \text{ atm})} \frac{1}{2} \left(\frac{298}{273} \right)^{3/2} \cong 1.055 \text{ E}^{-5} \text{ m}^2/\text{s};$$

$$\mathcal{D}_{\text{CO},\text{mist}} \cong \frac{0.2 + 0.7}{0.2/1.055 \text{ E}^{-5} + 0.7/1.010 \text{ E}^{-5}} \cong 1.020 \text{ E}^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

Questão 3

Um componente A difunde-se através de uma camada em repouso de um componente B de espessura Z . A pressão parcial de A num dos lados da camada é $P_{A,1}$ e no outro lado $P_{A,2} < P_{A,1}$. Mostre que o fluxo máximo possível de A através dessa camada é dado por:

$$N_{A,\max} = \frac{\mathcal{D} P}{R T z} \ln \frac{P}{P - P_{A,1}}$$

Resposta

$$N_{A,\max,z} = \frac{c \mathcal{D}_{A,B}}{\Theta \eta_d z} \ln \frac{1 - \Theta y_{A,2}}{1 - \Theta y_{A,1}} = \frac{\frac{P}{Rt} \mathcal{D}_{A,B}}{\Theta \eta_d z} \ln \frac{1 - \Theta y_{A,2}}{1 - \Theta y_{A,1}};$$

$$N_{A,\max,z} \implies y_{A,2} = 0;$$

$$\Theta = 1 + N_{B,z}/N_{A,z} = 1;$$

$$\begin{aligned} \therefore N_{A,\max,z} &= \frac{P \mathcal{D}_{A,B}}{R T (1) z} \ln \frac{1}{1 - y_{A,1}} = \\ &= \frac{P \mathcal{D}_{A,B}}{R T z} \ln \frac{1}{1 - P_{A,1}/P} = \frac{P \mathcal{D}_{A,B}}{z R T} \ln \frac{P}{P - P_{A,1}} \end{aligned}$$

Questão 4

Moldou-se naftaleno sob a forma de um cilindro de raio R_1 , que se deixou sublimar no ar em repouso. Mostre que a velocidade de sublimação é dada por:

$$Q = \frac{2 \pi L \mathcal{D} P}{R T \ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \frac{1 - y_{A,2}}{1 - y_A^*}$$

Sendo y_A^* a fração molar correspondente à pressão de vapor do naftaleno e $y_{A,2}$ a fração molar correspondente ao R_2 .

Resposta

$$\begin{aligned} Q &= N_{A,R_1} S_{R_1} = \frac{c \mathcal{D}_{A,B}}{\Theta R_1 \ln(R_2/R_1)} \ln \frac{1 - \Theta y_{A,2}}{1 - \Theta y_{A,1}} (2 \pi R_1 L) = \\ &= \frac{\left(\frac{P}{RT}\right) \mathcal{D}_{A,B} 2 \pi L}{\Theta \ln(R_2/R_1)} \ln \frac{1 - \Theta y_{A,2}}{1 - \Theta y_{A,1}}; \end{aligned}$$

$$\Theta = 1 + N_B/N_A = 1 + 0/N_A = 1;$$

$$\therefore Q = \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 2 \pi L}{R T \ln(R_2/R_1)} \ln \frac{1 - y_{A,2}}{1 - y_A^*}$$

Q4 a.

Explique o que sucede à velocidade de sublimação quando R_2 se torna muito grande.

Resposta

$$\begin{aligned}\lim_{R_2 \rightarrow \infty} Q &= \lim_{R_2 \rightarrow \infty} \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 2 \pi L}{R T \ln(R_2/R_1)} \ln \frac{1 - y_{A,2}}{1 - y_A^*} = \\ &= \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 2 \pi L}{R T \lim_{R_2 \rightarrow \infty} \ln(R_2/R_1)} \ln \frac{1 - y_{A,2}}{1 - y_A^*} = \\ &= \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 2 \pi L}{R T \infty} \ln \frac{1 - y_{A,2}}{1 - y_A^*} = 0\end{aligned}$$

Q4 b.

E se a geometria for esférica

Resposta

$$\begin{aligned} Q &= N_{A,R_1} S_{R_1} = \frac{c \mathcal{D}_{A,B}}{\Theta R_1 (1 - R_1/R_2)} \ln \frac{1 - \Theta y_{A,2}}{1 - \Theta y_{A,1}} (4 \pi R_1^2) = \\ &= \frac{\left(\frac{P}{RT}\right) \mathcal{D}_{A,B} 4 \pi}{R_1^{-1} - R_2^{-1}} \ln \frac{1 - y_{A,2}}{1 - y_A^*}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lim_{R_2 \rightarrow \infty} Q &= \lim_{R_2 \rightarrow \infty} \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 4 \pi}{RT (R_1^{-1} - R_2^{-1})} \ln \frac{1 - y_{A,2}}{1 - y_A^*} = \\ &= \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 4 \pi}{RT \lim_{R_2 \rightarrow \infty} (R_1^{-1} - R_2^{-1})} \ln \frac{1 - y_{A,2}}{1 - y_A^*} = \\ &= \frac{P \mathcal{D}_{A,B} 4 \pi}{RT (R_1^{-1})} \ln \frac{1 - y_{A,2}}{1 - y_A^*} \end{aligned}$$

Questão 5

Um tubo com 1 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento está cheio com uma mistura de CO_2 e H_2 a uma pressão total de 2 atm e a uma temperatura de 0°C . O coeficiente de difusão do $\text{CO}_2\text{--H}_2$ nestas condições é $0.275\text{ cm}^2/\text{s}$. Se a pressão parcial do CO_2 for 1.5 atm num dos lados do tubo e 0.5 atm no outro extremo, calcule a velocidade de difusão para:

Q5 a.

Contradifusão equimolar ($N_{\text{CO}_2} = -N_{\text{H}_2}$)

Resposta

$$\begin{cases} A : \text{CO}_2 \\ B : \text{H}_2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} Q &= N_{A,z_1} S_{z_1} = -\frac{c \mathcal{D}_{A,B}}{\Delta z} (y_{A,1} - y_{A,0}) (\pi d^2/4) = \\ &= -\frac{\frac{P}{RT} \mathcal{D}_{A,B} \pi d^2/4}{\Delta z} \frac{P_{A,1} - P_{A,0}}{P} = \\ &= -\frac{\mathcal{D}_{A,B} \pi d^2/4}{RT \Delta z} (P_{A,1} - P_{A,0}) = \\ &\cong -\frac{0.275 \pi 1^2/4}{8.206 \text{ E}^1 * 273.15 * 20} (0.5 - 1.5) \cong 2.409 \text{ E}^{-7} \text{ mol/s} \end{aligned}$$

Q5 b.

A seguinte relação entre os fluxos $N_{H_2} = -0.75 N_{CO_2}$

Resposta

$$\begin{cases} A : CO_2 \\ B : H_2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} Q &= N_{A,z_1} S_{z_1} = \frac{c \mathcal{D}_{A,B}}{\Theta \Delta z} \ln \frac{1 - \Theta y_{A,1}}{1 - \Theta y_{A,0}} S_{z_1} = \\ &= \frac{\left(\frac{P}{RT}\right) \mathcal{D}_{A,B}}{\Theta \Delta z} \ln \frac{1 - \Theta P_{A,1}/P}{1 - \Theta P_{A,0}/P} (\pi d^2/4); \end{aligned}$$

$$\Theta = 1 + N_B/N_A = 1 - 0.75 N_A/N_A = 0.25;$$

$$\begin{aligned} \therefore Q &= \frac{P \mathcal{D}_{A,B} \pi d^2/4}{RT 0.25 \Delta z} \ln \frac{P - 0.25 P_{A,1}}{P - 0.25 P_{A,0}} \cong \\ &= \frac{2 * .275 * \pi * 1^2/4}{8.206 \text{ E}^1 * 273.15 * 0.25 * 20} \ln \frac{2 - 0.25 * 0.5}{2 - 0.25 * 1.5} \cong 5.516 \text{ E}^{-7} \text{ mol/s} \end{aligned}$$