

FT II – Test 2020.2 Resolution

Felipe B. Pinto 61387 – MIEQB

25 de junho de 2024

Conteúdo

Questão 1	2	Questão 2	7
-----------	---	-----------	---

Questão 1

Experiências de transferência de calor permitiram obter uma correlação para o coeficiente de transferência de calor, h , para um cilindro de um composto A colocado numa corrente de ar:

$$Nu = 0.43 + 0.532 Re^{0.5} Pr^{0.33}$$

Dados:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1 \text{ E}^5 \text{ Pa}$$

$$P^*_{*A} = 400 \text{ mmHg}; \quad R = 8.314 \text{ J/mol K}; \quad \mathcal{D}_{A-ar} = 9 \text{ E}^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\rho = 0.114 \text{ kg/m}^3; \quad \mu = 2.1 \text{ E}^{-5} \text{ Pa s}; \quad k = 2.73 \text{ E}^{-2} \text{ W/m K}$$

$$C_p = 1002 \text{ J/kg K}$$

$$Nu = \frac{h d}{k}; \quad Pr = \frac{\mu C_p}{k}; \quad Sc = \frac{\mu}{\rho \mathcal{D}}; \quad Re = \frac{\rho u d}{\mu}$$

Analogia de Chilton–Colburn $j_H = j_{\mathcal{D}}$

$$\frac{h Pr^{2/3}}{\rho u C_p} = \frac{k_c Sc^{2/3}}{u}$$

Dados da b:

$$u = 3 \text{ m/s}; \quad d = 1.5 \text{ cm}; \quad L = 10 \text{ cm}; \quad T = 310 \text{ K}$$

Q1 a.

Utilizando a analogia de Chilton-Colburn calcule o coeficiente de transferência de massa.

Resposta

Pela analogia:

$$k_c = \frac{h}{\rho C_p} \left(\frac{Pr}{Sc} \right)^{2/3} = \frac{\left(\frac{Nuk}{d} \right)}{\rho C_p} \left(\frac{\left(\frac{\mu C_p}{k} \right)}{\left(\frac{\mu}{\rho \mathcal{D}} \right)} \right)^{2/3} = \frac{Nu}{d} \sqrt[3]{\frac{k \mathcal{D}^2}{\rho C_p}};$$

$$\begin{aligned} Nu &= 0.43 + 0.532 Re^{0.5} Pr^{0.33} = 0.43 + 0.532 \left(\frac{\rho u d}{\mu} \right)^{0.5} \left(\frac{\mu C_p}{k} \right)^{0.33} = \\ &= 0.43 + 0.532 \mu^{0.33-0.5} (\rho u d)^{0.5} \left(\frac{C_p}{k} \right)^{0.33} = \\ &= 0.43 + 0.532 (2.3 \text{ E}^{-5})^{-0.17} (0.114 * 3 * 1.5 \text{ E}^{-2})^{0.5} \left(\frac{1002}{2.73 \text{ E}^{-2}} \right)^{0.33} \cong \\ &\cong 8.058; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore k_c &= \frac{Nu}{d} \sqrt[3]{\frac{k \mathcal{D}^2}{\rho C_p}} \cong \\ &\cong \frac{8.058}{1.5 \text{ E}^{-2}} \sqrt[3]{\frac{2.73 \text{ E}^{-2} * (9 \text{ E}^{-6})^2}{0.114 * 1002}} \cong 1.442 \text{ E}^{-2} \text{ m/s} \end{aligned}$$

Q1 b.

Calcule a velocidade de sublimação de um cilindro de A com 1.5 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento. O ar a 310 K tem uma velocidade de 3 m/s.

Resposta

$$\begin{aligned}w &= k_c A C^* = k_c \left(2 * \pi d^2 / 4 + L 2 \pi d / 2 \right) \left(\frac{P^*}{RT} \right) \cong \\&\cong 1.442 \text{ E}^{-2} * 2 \pi \text{ E}^{-4} (1.5^2 / 4 + 10 * 1.5 / 2) \frac{400 \text{ E}^5 / 760}{8.314 * 310} \cong \\&\cong 1.492 \text{ E}^{-3} \text{ mol/s}\end{aligned}$$

Q1 c.

Será válido, neste caso usar a analogia de Reynolds? Justifique. Discuta a importância da utilização de analogias no cálculo de coeficientes de transferência de massa.

Resposta

$$Sc = \frac{u}{\rho \mathcal{D}} = \frac{3}{0.114 * 9 \text{ E}^{-6}} \cong 2.924 \text{ E}^6 \neq 1 \implies$$

Condições não conferem para a analogia de Reynolds.

As analogias permitem que a partir de medidas fáceis de adquirir no laboratório, calcular o coef de transferencia de massa e/ou calor

Q1 d.

Como poderia aumentar a velocidade de sublimação?

Resposta

$$w \propto k_c A C^*$$

Aumentando qualquer dessas variáveis temos um aumento da velocidade de sublimação

Questão 2

Pretende-se remover SO_2 de uma mistura gasosa constituída por SO_2 e ar por absorção utilizando água. A coluna usada opera em contracorrente a 15°C e 1 atm . A linha de equilíbrio é $y^* = 10x$. A % molar de SO_2 no ar à entrada é 10 % e à saída é de 1 %. Os coeficientes individuais de transferência de massa são:

$$k_y = 2 \text{ mol/h m}^2$$

$$k_x = 20 \text{ mol/h m}^2$$

Determine para o **topo** da coluna

Q2 a.

As composições interfaciais

Resposta

$x_{A,i}, y_{A,i}$:

$$N_A = k_x(x_{A,i} - x_A) = k_y(y_A - y_{A,i}) = k_y(y_A - 10 * x_{A,i}) \implies$$

$$\implies x_{A,i} = \frac{k_y y_{A,2} + x_{A,2} k_x}{10 k_y + k_x} = \frac{2 * 1 \text{ E}^{-2} + (0) 20}{10 * 2 + 20} = 0.05 \% \implies$$

$$\implies y_{A,i} = 10 * x_{A,i} = 0.5 \%$$

Q2 b.

A % da resistência total respitante a cada ma das fases.

Resposta

% Rest fase gas e liq

$$\frac{y_A - y_{A,i}}{y_A - y_A^*} = \frac{0.01 - 0.5\%}{0.01 - 10 * 0} = 0.5$$

Q2 c.

Os coeficientes globais de transferência de massa K_y e K_x

Resposta

$$K_y = (\text{Resist gas}) * k_y = 0.5 * 2 = 1;$$

$$K_x = (\text{Resist liq}) * k_x = 0.5 * 20 = 10$$

Q2 d.

O fluxo de SO_2

Resposta

$$N_A = k_y(y_{A,2} - y_{A,1}) = 2(1 \text{ E}^{-2} - 0.5 \text{ E}^{-2}) = 1 \text{ E}^{-2} \text{ mol/h m}^2$$

Q2 e.

O valor do fluxo quanto usar soluções de NaOH com a concentração crítica de NaOH. (Comente)

Resposta

$$N_A = k_y(y_{A,2} - y_{A,1}) = 2(1 \text{ E}^{-2} - 0) = 2 \text{ E}^{-2} \text{ mol/h m}^2$$

$$y_{A,1} = 0 \quad (\text{Reação imediata na interfáce})$$