

FT II – Teste 2021.2 Resolução

Felipe B. Pinto 61387 – MIEQB

25 de julho de 2024

Conteúdo

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

Questão 1

Ar a 10°C e 1 atm move-se a uma velocidade de 30 m/s paralelamente a uma placa quadrada de naftaleno com 3 mm de espessura e 40 cm de lado.

Dados:

- $Re_{x,c} = x_c u/v = 32 \text{ E}^4$
- $\mathcal{D}_{\text{naft,ar}} = 51 \text{ E}^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}$
- $\rho_{\text{naft}} = 1.200 \text{ g/cm}^3$
- $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- $1 \text{ atm} = 1 \text{ E}^5 \text{ Pa}$
- $Sh_x = k_C x/\mathcal{D}$
- $M_{\text{naft}} = 128 \text{ g/mol}$
- $P_{\text{naft}}^* = 1.000 \text{ E}^{-3} \text{ atm}$
- $Re_x = x u/v$
- $Sc = v/\mathcal{D} = 2.57$

$$Sh_x = 0.3320 Re_x^{0.5} Sc^{0.33}; \quad (\text{Regime laminar})$$

$$Sh_x = 2.92 \text{ E}^{-2} Re_x^{0.8} Sc^{0.33}; \quad (\text{Regime turbulento})$$

Q1 a.

Por quanto tempo deverá ser a placa exposta ao ar de modo a desaparecer completamente? (4v)

Resposta

$$t = \frac{n}{W} = \frac{\text{Vol}_{\text{naft}} \rho_{\text{naft}} / M_{\text{naft}}}{\bar{k}_C (C_{A,S} - C_{A,\infty}) A} = \frac{L^2 D \rho_{\text{naft}} / M_{\text{naft}}}{\bar{k}_C \left(\left(\frac{n}{V} \right) - 0 \right) L^2} = \frac{D \rho_{\text{naft}} / M_{\text{naft}}}{\bar{k}_C \left(\frac{P}{RT} \right)};$$

$$\begin{aligned} \bar{k}_C &= \frac{\int_0^L k_C \, dx}{\int_0^L dx} = \frac{\int_0^{x_c} k_{C,L} \, dx + \int_{x_c}^L k_{C,T} \, dx}{L} = \\ &= \frac{1}{L} \left(\int_0^{x_c} \frac{\mathcal{D}}{x} Sh_{x,L} \, dx + \int_{x_c}^L \frac{\mathcal{D}}{x} Sh_{x,T} \, dx \right) = \\ &= \frac{1}{L} \left(\int_0^{x_c} \mathcal{D} 0.332 Re_x^{0.5} Sc^{0.33} \frac{dx}{x} + \int_{x_c}^L \mathcal{D} 0.0292 Re_x^{0.8} Sc^{0.33} \frac{dx}{x} \right) = \\ &= \frac{1}{L} \left(\mathcal{D} 0.332 Sc^{0.33} \int_0^{x_c} \left(\frac{x u}{v} \right)^{0.5} \frac{dx}{x} + \right. \\ &\quad \left. + \mathcal{D} 2.92 \text{E}^{-2} Sc^{0.33} \int_{x_c}^L \left(\frac{x u}{v} \right)^{0.8} \frac{dx}{x} \right) = \\ &= \frac{\mathcal{D} Sc^{0.33}}{L} \left(0.332 \frac{u^{0.5}}{v^{0.5}} \int_0^{x_c} x^{-0.5} \, dx + \right. \\ &\quad \left. + 2.92 \text{E}^{-2} \frac{u^{0.8}}{v^{0.8}} \int_{x_c}^L x^{-0.2} \, dx \right) \cong \\ &\cong \frac{51 \text{E}^{-7} * 2.57^{0.33}}{0.4} \left(0.332 \frac{(32 \text{E}^4)^{0.5}}{(0.14)^{0.5}} (1.398 \text{E}^{-1})^{0.5} + \right. \\ &\quad \left. + 2.92 \text{E}^{-2} \frac{(32 \text{E}^4)^{0.8}}{(0.14)^{0.8}} ((40 \text{E}^{-2})^{0.8} - (1.398 \text{E}^{-1})^{0.8}) \right) \cong \\ &\cong 4.339 \text{E}^{-3}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{x_c u}{v} &= \frac{x_c u}{Sc \mathcal{D}} = Re_{x_c} \implies \\ \implies x_c &= \frac{Re_{x_c} Sc \mathcal{D}}{u} = \frac{32 \text{E}^4 * 2.57 * 51 \text{E}^{-7}}{30} \cong 1.398 \text{E}^{-1} \end{aligned}$$

Q1 b.

Determine o valor do coeficiente de transferência de massa a uma distância de 5 cm do início da placa. (2v)

Resposta

A 5 cm acima da placa o regime é laminar

$$\frac{k_C x}{\mathcal{D}} = Sh_x = 0.332 Re_x^{0.5} Sc^{0.33} = 0.332 \left(\frac{x u}{\nu} \right)^{0.5} Sc^{0.33} \implies$$

$$\begin{aligned} \implies k_C &= \frac{\mathcal{D}}{x} 0.332 \left(\frac{x u}{Sc \mathcal{D}} \right)^{0.5} Sc^{0.33} = \\ &= \frac{51 \text{ E}^{-7}}{5 \text{ E}^{-2}} * 0.332 * \left(\frac{5 \text{ E}^{-2} * 30}{2.57 * 51 \text{ E}^{-7}} \right)^{0.5} 2.57^{0.33} \cong \\ &\cong 1.564 \text{ E}^{-2} \text{ m/s} \end{aligned}$$

Q1 c.

De acordo com a teoria do filme, qual seria a espessura do filme estagnado junto à superfície, a essa distância? (1v)

Resposta

$$\delta \cong \frac{\mathcal{D}}{k_C} \cong \frac{51 \text{ E}^{-7}}{1.564 \text{ E}^{-2}} \cong 3.260 \text{ E}^{-4} \text{ m}$$

Q1 d.

Se pretender comprar ambientadores sólidos perfumados tendo para escolha com a forma de esferas ou de cubos, com as mesmas dimensões e custo, quais escolheria? Justifique a sua resposta. (3v)

Resposta

A minha escolha dependeria do meu objetivo ao utilizar o ambientador. Para esferas e cubos com as mesmas dimensões, a área exposta de um cubo é maior que a da esfera e o volume do cubo também é maior. Isto quer dizer que, se pretender um cheiro mais intenso, escolho: o cubo (por ter uma velocidade de sublimação mais alta) e se pretender que o cheiro dure mais tempo, escolho a esfera.

Questão 2

Pretende-se remover SO_2 de uma mistura gasosa constituída por SO_2 e ar por absorção em água, usando uma coluna de enchimento. Num dado ponto da coluna a percentagem molar de SO_2 no ar é 22% e 1% na água. A coluna opera a uma pressão de 3.5 atm e à temperatura de 15 °C. A linha de equilíbrio é dada por $y^* = 7.6 x$. Sabendo que $k_y = 2 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{h}$ e ambas as fases contribuem com igual resistência calcule:

- $y_A = 0.22$

- $x_A = 0.01$

- $P = 3.5 \text{ atm}$

- $T = 288.15 \text{ K}$

- $y_A^* = 7.6 x_A$

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

Q2 a.

O coeficiente individual de transferência de massa de massa, k_x .

Resposta

$$\frac{k_y^{-1}}{K_y^{-1}} = \frac{k_x^{-1}}{K_x^{-1}} = 0.5;$$

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m}{k_x} \implies k_x = m \left(\frac{1}{K_y} - \frac{1}{k_y} \right)^{-1}$$

Q2 b.

Os coeficientes globais de transferência de massa, K_y e K_G . (2v)

Resposta

$$K_G (P_{A,G} - P_A^*) = N_A = K_y (y_A - y_A^*) = K_y (y_A - 7.6 x_A);$$

$$P_{A,G} = 0.22 * 3.5 = 0.77 \text{ atm} \quad y_A^* = 7.6 x_A = 0.076 \quad y_A = 0.22$$

Q2 c.

O fluxo de transferência de massa. (2v)

Resposta

$$N_A = K_y (y_A - y_A^*)$$

Q2 d.

O fluxo de transferência de massa. (2v)

Resposta

$$x_{A,i} = y_{A,i}/7.6;$$

$$\frac{k_y^{-1}}{K_y^{-1}} = \frac{y_A - y_{A,i}}{y_A - y_A^*} = 0.5 \implies$$

$$\implies y_{A,i} = y_A - 0.5 (y_A - y_A^*)$$

Q2 e.

Se em vez de usar água como fase líquida, usar uma solução aquosa de NaOH, ocorrerá a seguinte reacção química (reacção de segunda ordem irreversível) com uma cinética muito rápida. $\text{SO}_2 + 2 \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Explique qual a vantagem de usar uma concentração de NaOH superior à crítica e calcule o fluxo de transferência de massa nesta situação. Compare com o valor obtido em 2.b e comente. (2v)

Resposta

$$\frac{N_A}{N_A^0};$$

$$N_A = k_y (y_A - y_{A,i}) = k_y (y_A - 0) = 2 * 0.22 = 0.44 \text{ mol/m}^2 \cdot \text{h} \implies$$

$$\implies \frac{N_A}{N_A^0} = \frac{0.44}{0.144} \cong 4$$