

Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia - Departamento de Química
Fenómenos de Transferência II
2º Teste – 11 de Junho de 2021

I

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.

- a) Por quanto tempo deverá ser a placa exposta ao ar de modo a desaparecer completamente? (4v)
- b) Determine o valor do coeficiente de transferência de massa a uma distância de 5 cm do início da placa. (2v)
- c) De acordo com a teoria do filme, qual seria a espessura do filme estagnado junto à superfície, a essa distância? (1v)

$$Sh_x = 0.332 Re_x^{0.5} Sc^{0.33} \quad \text{Regime laminar}$$

$$Sh_x = 0.0292 Re_x^{0.8} Sc^{0.33} \quad \text{Regime turbulento} \quad Re_{xc} = \frac{x_c u}{\nu} = 3.2 \times 10^5$$

$$R = 8.314 \text{ J/mol K} \quad 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa} \quad Sh_x = \frac{k_c x}{D} \quad Re_x = \frac{xu}{\nu} \quad Sc = \frac{\nu}{D} = 2.57$$

$$D_{\text{naft-ar}} = 0.051 \text{ cm}^2/\text{s} \quad \rho_{\text{naftaleno}} = 1.2 \text{ g/cm}^3 \quad M(\text{naftaleno}) = 128 \text{ g/mol} \quad P^*(\text{naftaleno}) = 0.001 \text{ atm}$$

- 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)

II

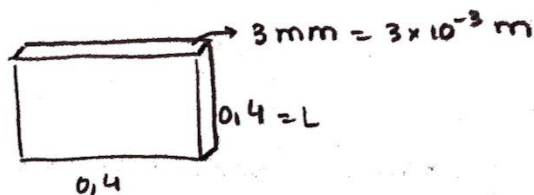
2. Pretende-se remover SO₂ de uma mistura gasosa constituída por SO₂ e ar por absorção em água, usando uma coluna de enchimento. Num dado ponto da coluna a percentagem molar de SO₂ no ar é 22% e 1% na água. A coluna opera a uma pressão de 3.5 atm e à temperatura de 15° C. A linha de equilíbrio é dada por $y^* = 7.6 x$. Sabendo que $k_y = 2 \text{ mol/m}^2\text{h}$ e ambas as fases contribuem com igual resistência calcule:

- a) O coeficiente individual de transferência de massa de massa, k_x . (2v)
- b) Os coeficientes globais de transferência de massa, K_y e K_G . (2v)
- c) O fluxo de transferência de massa. (2v)
- d) As composições interfaciais. (2v)
- 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. $\text{SO}_2 + 2 \text{ NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
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 2b e comente. (2v)

I

a) $T = 283,15 \text{ K}$ $P = 1 \text{ atm}$ $v = 30 \text{ ms}^{-1}$

$$Sc = \frac{V}{D} = 2,57 (\Rightarrow) V = 2,57 \times 0,051 \times 10^{-4} = 1,31 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$



$$Re_{\kappa_c} = 3,2 \times 10^5 (\Rightarrow) \frac{\kappa_c u}{V} = 3,2 \times 10^5 (\Rightarrow) \kappa_c = \frac{3,2 \times 10^5 \times 1,31 \times 10^{-5}}{30} = 0,14 \text{ m}$$

$$\bar{K}_c = \frac{\int_0^L K_c dx}{\int_0^L dx} = \frac{\int_0^{\kappa_c} K_{cL} d\kappa + \int_{\kappa_c}^L K_{cT} d\kappa}{L} = \frac{1}{L} \left(\int_0^{\kappa_c} \frac{D}{\kappa} Sh_{\kappa_L} d\kappa + \int_{\kappa_c}^L \frac{D}{\kappa} Sh_{\kappa_T} d\kappa \right) =$$

$$= \frac{1}{L} \left(\int_0^{\kappa_c} D \times 0,332 Re_{\kappa}^{0,5} Sc^{0,33} \kappa^{-1} d\kappa + \int_{\kappa_c}^L D \times 0,0292 Re_{\kappa}^{0,8} Sc^{0,33} \kappa^{-1} d\kappa \right) =$$

$$= \frac{1}{L} \left(0,332 D Sc^{0,33} \int_0^{\kappa_c} \left(\frac{\kappa u}{V} \right)^{0,5} \kappa^{-1} d\kappa + 0,0292 D Sc^{0,33} \int_{\kappa_c}^L \left(\frac{\kappa u}{V} \right)^{0,8} \kappa^{-1} d\kappa \right) =$$

$$= \frac{1}{L} \left(\frac{0,332 D Sc^{0,33} u^{0,5}}{V^{0,5}} \int_0^{\kappa_c} \kappa^{-1/2} d\kappa + \frac{0,0292 D Sc^{0,33} u^{0,8}}{V^{0,8}} \int_{\kappa_c}^L \kappa^{-1/5} d\kappa \right) =$$

$$= \frac{1}{L} \left(0,664 D Sc^{0,33} \left(\frac{u}{V} \right)^{0,5} \kappa_c^{0,5} + 0,0365 D Sc^{0,33} \left(\frac{u}{V} \right)^{0,8} \left(L^{4/5} - \kappa_c^{4/5} \right) \right) =$$

$$= \frac{1}{0,4} \left(0,664 \times 0,051 \times 10^{-4} \times 2,57^{0,33} \left(\frac{3,2 \times 10^5}{1,014 \times 10^5} \right)^{0,5} \times 0,14^{0,5} + 0,0365 \times 0,051 \times 10^{-4} \times 2,57^{0,33} \times \left(\frac{3,2 \times 10^5}{1,014 \times 10^5} \right)^{0,8} \times \right.$$

$$\left. \left(0,4^{4/5} - 0,14^{4/5} \right) \right) (=)$$

$$Re_{\kappa_c} = 3,2 \times 10^5 (\Rightarrow)$$

$$(\Rightarrow) \frac{u}{V} \kappa_c = 3,2 \times 10^5 (\Rightarrow)$$

$$(\Rightarrow) \frac{u}{V} = \frac{3,2 \times 10^5}{\kappa_c}$$

$$(\Rightarrow) \bar{K}_c = 2,177 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-1}$$

$$W = K_c (C_{A_s} - C_{A_\infty}) \times A = 2,177 \times 10^{-2} \times \left(\frac{0,001 \times 10^5}{8,314 \times 283,15} \right) \times 0,4^2 = 1,88 \times 10^{-4} \text{ mols}^{-1}$$

$$n = \frac{P}{M} \times V = \frac{1200 \text{ kg m}^{-3}}{0,128 \text{ kg mol}^{-1}} \times 0,4 \times 3 \times 10^{-3} \times 0,4 = 4,5 \text{ mol}$$

$$W = \frac{n}{t} (\Rightarrow) t = \frac{4,5}{1,88 \times 10^{-4}} = 23936 \text{ s}$$

b) A 5 cm do início da placa, o regime é laminar

$$Sh_{\kappa} = 0,332 Re_{\kappa}^{0,5} Sc^{0,33} (\Rightarrow) \frac{K_c \kappa}{D} = 0,332 \times \left(\frac{\kappa u}{V} \right)^{0,5} \times 2,57^{0,33} (\Rightarrow)$$

$$(\Rightarrow) K_c = \frac{0,051 \times 10^{-4}}{0,05} \times 0,332 \times \left(\frac{0,05 \times 30}{1,31 \times 10^{-5}} \right)^{0,5} \times 2,57^{0,33} = 1,56 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-1}$$

$$\kappa = 0,05$$

$$c) K_c = \frac{D_{AB}}{\delta} \Rightarrow \delta = \frac{9051 \times 10^{-4}}{1,56 \times 10^{-2}} = 3,27 \times 10^{-4} \text{ m} //$$

d) 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.

$$II \quad y_A = 0,22 \quad x_A = 0,01 \quad P = 3,5 \text{ atm} \quad T = 288,15 \text{ K} \quad y_A^* = 7,6 x \quad K_y = 2 \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$\frac{\frac{1}{K_y}}{\frac{1}{K_x}} = \frac{\frac{1}{K_y}}{\frac{1}{K_x}} = 0,5$$

$$a) \frac{\frac{1}{K_y}}{\frac{1}{K_x}} = 0,5 \Rightarrow K_y = 0,5 K_x \quad K_y = 0,5 \times 2 = 1 \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{K_y} + \frac{m}{K_n} \Rightarrow 1 = \frac{1}{2} + \frac{7,6}{K_n} \Rightarrow K_n = 15,2 \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$b) K_y = 1 \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$P_{A,G} = 0,22 \times 3,5 = 0,77 \text{ atm}$$

$$y_A^* = 7,6 \times x_A = 7,6 \times 0,01 = 0,076 \quad y_A = 0,22$$

$$N_A = K_y (y_A - y_A^*) = 1 \times (0,22 - 0,076) = 0,144 \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$N_A = K_G (P_{A,G} - P_A^*) \Rightarrow 0,144 = K_G (y_{A,G} P - y_A^* P_A) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_G = \frac{0,144}{0,22 \times 3,5 - 0,076 \times 3,5} = 0,286 \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1} \text{ atm}^{-1}$$

c) Calculei na alínea anterior

$$N_A = 0,144 \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$d) \frac{\frac{1}{K_y}}{\frac{1}{K_x}} = \frac{y_A - y_{A,i}}{y_A - y_A^*} = 0,5 \Rightarrow \frac{0,22 - y_{A,i}}{0,22 - 0,076} = 0,5 \Rightarrow y_{A,i} = 0,148$$

$$x_{A,i} = \frac{y_{A,i}}{7,6} = 0,019$$

24. e) Ao usar uma concentração de NaOH superior à crítica, estamos a fazer com que a reação se dê na interface e então $C_{A,i} = P_{A,i} = y_A = 0$ (A- SO_2), a vantagem é aumentar o fluxo, ou seja, a remoção de SO_2 é mais rápida.

$$N_A = K_y (y_A - y_{A,i}^0) = 2 \times 0,22 = 0,44 \text{ mol m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$\frac{N_A}{N_A^0} = \frac{0,44}{0,144} = 3 \Rightarrow \text{o fluxo é 3 vezes maior}$$