

Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia - Departamento de Química
Fenómenos de Transferência II
2º Teste - 17 de Junho de 2020

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:

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

- Utilizando a analogia de Chilton-Colburn calcule o coeficiente de transferência de massa.
- Calcule a velocidade de sublimação de um cilindro de A com 1.5cm de diâmetro e 10cm de comprimento. O ar a 310K tem uma velocidade de 3 m/s.
- 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.
- Como poderia aumentar a velocidade de sublimação?

Dados:

$$P_A^* = 400 \text{ mm Hg} \quad 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 10^5 \text{ Pa} \quad R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$D_{A-\text{ar}} = 9 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad \rho = 0.114 \text{ kg/m}^3 \quad \mu = 2.1 \times 10^{-5} \text{ Pa s} \quad k = 0.0273 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$C_p = 1002 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

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

Analogia de Chilton-Colburn $j_H = j_D$

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

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:

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

Determine para o topo da coluna:

- As composições interfaciais.
 - A % da resistência total respeitante a cada uma das fases.
 - Os coeficientes globais de transferência de massa K_y e K_x .
 - O fluxo de SO_2 .
 - O valor do fluxo quando usar soluções de NaOH com a concentração crítica de NaOH.
- Comente.

Teste 2 2019-2020 (1)

$$1. a) Nu = 0,43 + 0,532 Re^{0,5} Pr^{0,33} \Rightarrow \frac{hd}{k} = 0,43 + 0,532 \left(\frac{\rho v d}{\mu} \right)^{0,5} \left(\frac{\mu C_p}{k} \right)^{0,33} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow h = \frac{0,0273}{0,015} \left(0,43 + 0,532 \left(\frac{0,114 \times 3 \times 0,015}{2,1 \times 10^{-5}} \right)^{0,5} \left(\frac{2,1 \times 10^{-5} \times 1002}{0,0273} \right)^{0,33} \right) = 14,67 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

$$\frac{h}{\rho v c_p} Pr^{2/3} = \frac{K_c}{v} Sc^{2/3} \Rightarrow \frac{14,67}{0,114 \times 3 \times 1002} \times \left(\frac{2,1 \times 10^{-5} \times 1002}{0,0273} \right)^{2/3} = \frac{K_c}{3} \left(\frac{2,1 \times 10^{-5}}{0,114 \times 9 \times 10^{-6}} \right)^{2/3} \Rightarrow K_c = 1,44 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-1}$$

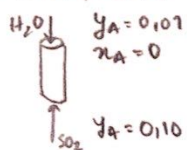
$$b) v = 3 \text{ ms}^{-1} \quad T = 310 \text{ K} \quad d = 0,015 \text{ m} \quad L = 0,1 \text{ m}$$

$$N = N_A \times A = K_c (C_A^* - C_{A0}) \times \left(\frac{\pi d^2}{2} + \pi d L \right) = 1,44 \times 10^{-2} \times \frac{400 \times 10^5}{760 \times 8214 \times 310} \times \left(\frac{\pi \times 0,015^2}{2} + \pi \times 0,015 \times 0,1 \right) = 1,49 \times 10^{-3} \text{ mols}^{-1}$$

$$c) Sc = \frac{2,1 \times 10^{-5}}{0,114 \times 9 \times 10^{-6}} = 20,5 \neq 1 \Rightarrow \text{N\~{a}o \text{ \text{e}\'{e} v\~{a}lido usar a analogia de Reynolds}}$$

d) Se em vez de um cilindro, fosse usado um prisma com o lado igual ao di\~{a}metro do cilindro pois aumentava a \~{a}rea.

$$2. T = 288,15 \text{ K} \quad P = 1 \text{ atm} \quad y_A^* = 10\%$$



$$K_y = 2 \text{ mol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \quad K_x = 20 \text{ mol h}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$a) y_A = 10 x_A^* \Rightarrow x_A^* = \frac{0,01}{10} = 0,001 \quad y_A^* = 0 \quad y_{A,i} = 10 x_{A,i}$$

$$N_A = K_x (x_{A,i} - x_A) = K_y (y_A - y_{A,i}) \Rightarrow 20(x_{A,i} - 0) = 2(0,01 - 10 x_{A,i}) \Rightarrow x_{A,i} = 5 \times 10^{-4}$$

$$b) \frac{1}{K_y} = \frac{1}{K_y} + \frac{m}{K_x} \Rightarrow \frac{1}{K_y} = \frac{1}{2} + \frac{10}{20} \Rightarrow K_y = 1 \text{ mol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \quad y_{A,i} = 5 \times 10^{-3}$$

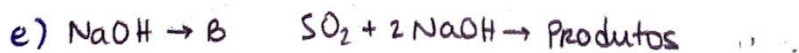
$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{2} = 0,5 \Rightarrow 50\% \text{ de resist\~{e}ncia na fase gasosa}$$

50% de resist\~{e}ncia na fase liquida

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

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{m K_y} + \frac{1}{K_x} \Rightarrow \frac{1}{K_x} = \frac{1}{10 \times 2} + \frac{1}{20} \Rightarrow K_x = 10 \text{ mol h}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$d) N_A = K_x (x_{A,i} - x_A) = 20(5 \times 10^{-4} - 0) = 0,01 \text{ mol h}^{-1} \text{ m}^{-2}$$



$$C_{B,e} = C_{B,e}^{\text{crit}} \Rightarrow C_{A,i} = 0 \quad y_{A,i} = 10 x_{A,i} = 0 \Rightarrow y_{A,i} = 0$$

$$N_A = K_y (y_A - y_{A,i}) = 2 \times 0,01 = 0,02 \text{ mol h}^{-1} \text{ m}^{-2} \Rightarrow \text{aumenta } 2 \times$$

A rea\~{c}o\~{e} qu\~{i}mica favorece o processo de absor\~{c}o\~{e} de SO₂