

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:

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

- a) Utilizando a analogia de Chilton-Colburn calcule o coeficiente de transferência de massa.
- b) 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.
- 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.
- d) Como poderia aumentar a velocidade de sublimação?

Dados:

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

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

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

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

Analogia de Chilton-Colburn $j_H = j_D$

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

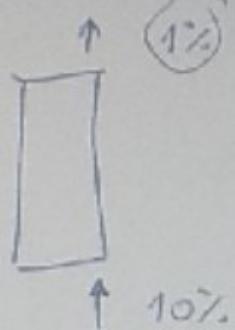
- 2.** Pretende-se remover SO_2 de uma mistura gasosa constituída por SO_2 e ar por absorção utilizando água.

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:

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



$$y^* = 10 \text{ m}$$

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

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

a) $y_{Ai} \in x_{Ai}$

$$k_y \underset{11}{(y_A - y_{Ai})} = k_x \underset{10}{(x_{Ai} - x_A)}$$

$$y_A = 0.01$$

$$2 (0.01 - 10x_{Ai}) = 20 x_{Ai}$$

$$0.02 = 40 x_{Ai}$$

$$y_{Ai} = 10 x_{Ai}$$

$$x_{Ai} = \frac{0.02}{40} = 5 \times 10^{-4}$$

$$y_{Ai} = 5 \times 10^{-3}$$

b)

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{k_y} + \frac{m}{k_x}$$

%, rest. = $\frac{\frac{1}{2}}{1} = 0.5$
+ gasosa ↑
50%

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{2} + \frac{10}{20} = 1 \quad K_y = \frac{1 \text{ mol}}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$$

confiner

$$\frac{\frac{m}{k_x}}{\frac{1}{K_y}} = 0.5$$

$$K_y * m = 0.5 k_x$$

$$m = \frac{0.5 \times 20}{1} = 10$$

c) $K_y = 1 \frac{\text{mol}}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$ $K_x = ?$ $\frac{1}{K_x} = \frac{1}{k_x} + \frac{1}{m k_y}$

$$\frac{1}{K_x} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{2}{20}$$

$$K_x = 10 \frac{\text{mol}}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$$

$$d) N_A = Ky \left(\frac{y_A^* - y_A^*}{Q} \right)$$

$$N_A = 1 * 0.01 = 0.01 \frac{\text{mol}}{\text{hm}^2}$$

$$e) N_A = ky y_A = 2 * 0.01 = 0.02 \frac{\text{mol}}{\text{hm}^2}$$

anste 2X -

$$a) Re = \frac{0.114 * 3 * 1.5 * 10^{-2}}{2.1 * 10^{-5}} = 244.3 \quad d = 1.5 * 10^{-2} \text{ m}$$

$$Sc = \frac{2.1 * 10^{-5}}{0.114 * 5 * 10^{-6}} = 20.5 \quad Pr = \frac{2.1 * 10^{-5} * 1002}{0.0273} = 0.77$$

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

$$Nu = 8.06 = \frac{h d}{k} \quad h = 14.67$$

$$\frac{h}{\rho c_p} Pr^{2/3} = K_C Sc^{2/3}$$

$$K_C = 0.014 \text{ m/s}$$

$$C^* = \frac{P^*}{RT} = \frac{400 * 10^5}{760 * 2.314 * 310} = \frac{2042}{3}$$

$$b) W = K_C A C^*$$

$$W = 0.014 * 0.005 * 20.42$$

$$W = 0.0045 \frac{\text{W}}{\text{s}}$$

$$A = \pi d L + 2 \frac{\pi d^2}{4} = 0.005 \text{ m}^2$$

$$c) Sc \neq 1$$

$$) \quad W \uparrow \quad K_C \uparrow \quad A \uparrow \quad C^* \uparrow$$

(0.5V) (0.5V) (0.5V)

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:

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

- a) Utilizando a analogia de Chilton-Colburn calcule o coeficiente de transferência de massa.
- b) 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.
- 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.
- d) Como poderia aumentar a velocidade de sublimação?

Dados:

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

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

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

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

Analogia de Chilton-Colburn $j_H = j_D$

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

$$a) K_c = \frac{h}{\rho u C_p} \left(\frac{Pr}{Sc} \right)^{2/3}$$

$$h = \frac{Nu \cdot K}{d}$$

$$K_c = \frac{Nu \cdot K}{d \cdot \rho C_p} \cdot \left(\frac{Pr}{Sc} \right)^{2/3}$$

$$Re = \frac{(0,114)(3)(1.5 \times 10^{-2})}{2.1 \times 10^{-5}}$$

$$= 244.3 \quad \downarrow$$

$$Pr = \frac{(2.1 \times 10^{-5})(1002)}{0.0273} = 0.77 \quad \downarrow$$

$$Sc = \frac{(2.1 \times 10^{-5})}{(0.114)(0 \times 10^{-4})} = 20.5 \quad \downarrow$$

$$Nu = 0.43 + (0.532) (244.3)^{0.5} (0.77)^{0.33}$$

$$Nu = 8.0581 \quad \downarrow \quad \frac{\bar{x}}{S.m.K}$$

$$K_c = \frac{(8.0581)(0.0273)}{(1.5 \times 10^{-2})(0.114)(1002)} \cdot \left(\frac{0.77}{20.5} \right)^{2/3}$$

~~15~~ ~~0.5~~ ~~2/3~~

$$K_c = 1.44 \times 10^{-3} \frac{m}{s} \quad \downarrow$$

$$b) W = K_c A \cdot C_A^*$$

$$P \cdot V = n R T$$

$$C = \frac{100 \text{ mm Hg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}} \cdot \frac{10^5 \text{ Pa}}{1 \text{ atm}}}{(8.314)(310)}$$

$$C = 20,42 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$W = K_c A \cdot (C_A^* - C_{AL})$$

$$W = (1,44 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}) \left(2\pi \left(\frac{15 \times 10^{-2}}{4} \right)^2 + \pi (15 \times 10^{-2}) \left(\frac{10 \times 10^{-2}}{10 \times 10^{-2}} \right) \right)$$

$$(20,42 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3})$$

$$W = 6,582 \times 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{s}}$$

~~A~~

c) Não se pode usar a analogia de Reynolds porque o $S_C \neq 1$. logo as analogias são imperfeitas porque servem

Para Calcular coef. de transferência de massa e/ou calor a través de variações de magnitudes fáceis de medir no laboratório.

- d) Para aumentar W podemos aumentar principalmente a velocidade da corrente de ar para aumentar o K_c . logo podemos aumentar a área do composto que esta a sublimar.

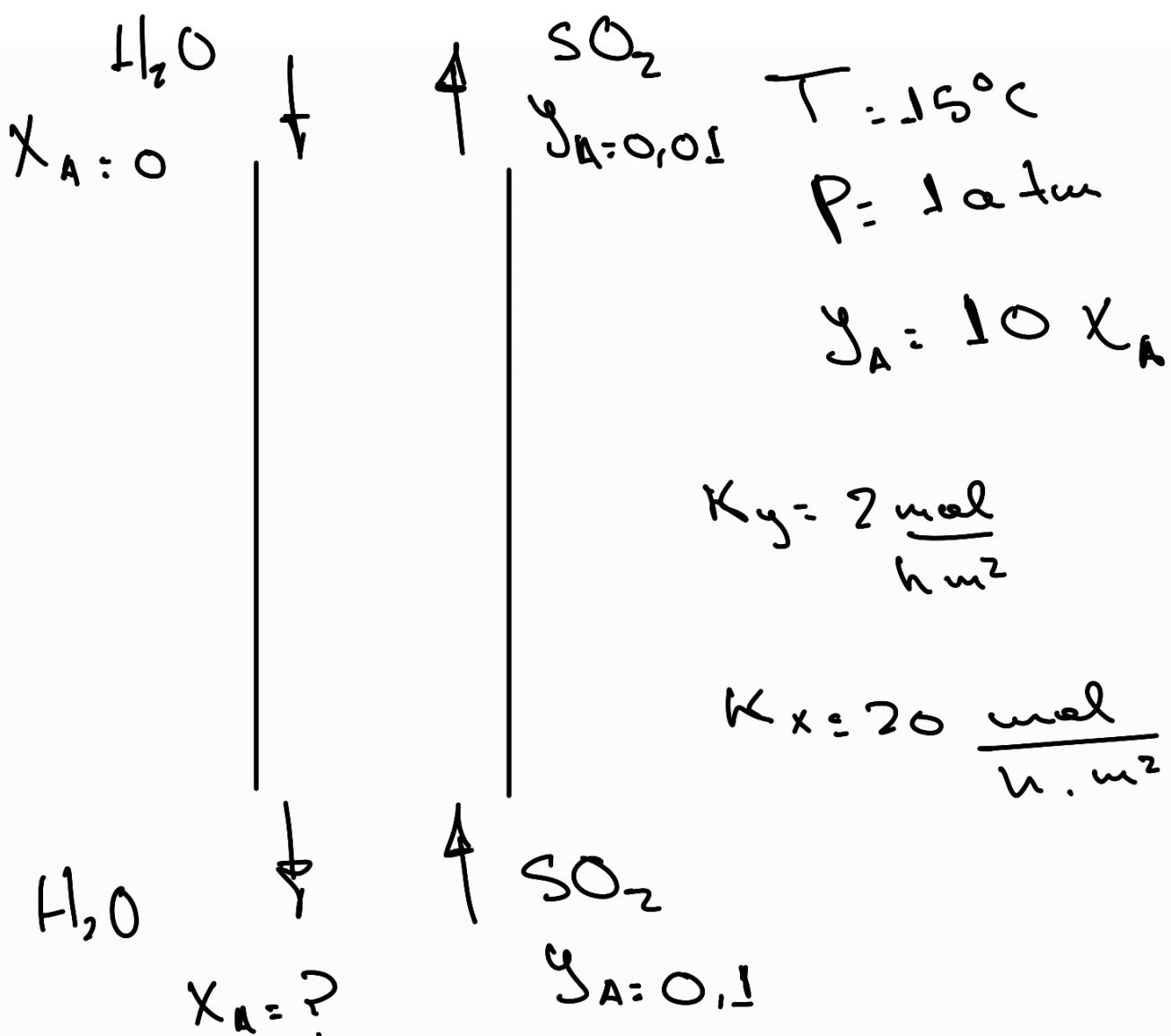
2. Pretende-se remover SO₂ de uma mistura gasosa constituída por SO₂ e ar por absorção utilizando água.

A coluna usada opera em contracorrente a 15°C e 1 atm. A linha de equilíbrio é y* = 10 x. A % molar de SO₂ 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:

- a) As composições interfaciais.
 - b) A % da resistência total respeitante a cada uma das fases.
 - c) Os coeficientes globais de transferência de massa K_y e K_x.
 - d) O fluxo de SO₂.
 - e) O valor do fluxo quando usar soluções de NaOH com a concentração crítica de NaOH.
- Comente.



$$a) \frac{k_y}{k_x} = \frac{x_{Ai} - x_A}{y_A - y_{Ai}}$$

$$K_y (y_A - y_{Ai}) = K_x (x_{Ai})$$

$$y_{Ai} = 10 x_{Ai}$$

$$K_y y_A - 10 K_y x_{Ai} = K_x (x_{Ai})$$

$$x_{Ai} (K_x + 10 K_y) = K_y y_A$$

$$x_{Ai} = \frac{2 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2} \cdot 0,01}{20 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2} + (10)(2 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2})}$$

$$x_{Ai} = 5 \times 10^{-4}$$

$$y_{Ai} = 5 \times 10^{-3}$$

b)

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{K_y} + \frac{m}{K_x}$$

$$\frac{1}{K_y} = \frac{1}{2 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2}} + \frac{1 \cancel{\phi}}{2 \cancel{\phi} \frac{\text{mol}}{\text{m}^2}}$$

$$K_g = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{m}^2}$$

∴ rist. faze: $\frac{K_g}{K_g + 100} \times 100$
gasosa

$$= \frac{1}{2} \times 100 = 50\%$$

c) $K_x = \left(\frac{1}{K_x} + \frac{1}{m K_g} \right)^{-1}$

$$= \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{(10)(2)} \right)^{-1}$$

$$K_x = 10 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{m}^2}$$

$$K_g = 1 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{m}^2}$$

$$d) N_A = k_B (y_A - y_{Ai}) \\ = (2)(0,01 - 5 \times 10^{-3}) \\ = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2}$$

$$N_A = K \times (x_{Ai} - x_A) = \\ = 20 (5 \times 10^{-4}) = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2}$$

$$P_A = 10 \cdot \frac{0,018}{1000} \cdot C_A^*$$

$$C_b^* = \frac{(0,01)(1000)}{(10)(0,098)} = 55,5 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$X_A^* = 9,99 \times 10^{-4}$$

$$N_A = (10)(9,9 \times 10^{-4} - X_A^*) \approx 0,01$$

$$0,01 = (y_A - y_A^*)$$

$$y_A^* = 0,01 - 0,00999$$

$$= 1 \times 10^{-5}$$

$$C_A = \frac{CL}{H} P_A^*$$

e)

$$N_A = \kappa y (y_A - \cancel{y_{Ai}})$$

$$= (2)(0,01) = 0,02 \frac{\text{newt}}{\text{m}^2}$$