

Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia - Departamento de Química
Fenómenos de Transferência II
2º Teste – 4 de Junho de 2022

I

Obtiveram-se os seguintes dados de coeficiente de atrito (C_f) para o escoamento de ar ao longo de uma conduta cilíndrica revestida com naftaleno:

Re	1×10^4	5×10^4	1×10^5	5×10^5	1×10^6
C_f	0.008	0.0061	0.005	0.0044	0.0041

Faz-se passar ar à temperatura de 15°C e à pressão de 1 atm através dessa conduta (5 cm de diâmetro e 4.5 m de comprimento) a uma velocidade de 15 m/s.

Calcule:

- (3v) O coeficiente de transferência de massa usando a analogia de Chilton-Colburn.
- (1v) Pode usar a analogia de Reynolds? Justifique.
- (2v) A concentração de naftaleno no ar para o comprimento de 1.5 m.
- (2v) A percentagem de saturação do ar na corrente de saída.
- (2v) Para além de analogias quais os outros métodos que poderá usar para calcular coeficientes de transferência de massa? Quais são os mais utilizados?

Dados: $D_{\text{naf/ar}}(15^\circ\text{C}, 1\text{atm}) = 7.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$\rho_{\text{ar}}(15^\circ\text{C}) = 1 \text{ kg/m}^3$$

$$v_{\text{ar}}(15^\circ\text{C}) = 2.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$P^*(15^\circ\text{C}) = 3.5 \text{ mmHg}$$

Analogia de Reynolds: $\frac{k_c}{V} = \frac{C_f}{2}$

$$\ln \left(\frac{c_{A_s} - c_{A_o}}{c_{A_s} - c_{A_L}} \right) = \frac{4 k_c}{d V} L$$

Analogia de Chilton-Coulburn: $\frac{k_c}{V} \text{Sc}^{\frac{2}{3}} = \frac{C_f}{2}$

$$C_{A_s} = C^* \text{ e } V - \text{velocidade}$$

$$Re = \frac{\rho d V}{\mu} \quad Sh = \frac{k_c d}{D_{AB}} \quad Sc = \frac{\mu}{\rho D_{AB}}$$

II

É obtida água com cloro, para utilização no branqueamento de pasta de papel, por absorção de cloro gasoso em água numa coluna de enchimento à temperatura de 293K e à pressão de 1atm.

Num dado ponto da coluna a pressão parcial de cloro no gás é 125 mm Hg e a concentração de cloro no líquido é de 14 mM. Se 80% da resistência à transferência de massa estiver na fase líquida, calcule:

(2v) a) As composições de equilíbrio.

(2v) b) As composições interfaciais.

(1v) c) O coeficiente global de transferência de massa K_G sabendo que o coeficiente individual de transferência de massa k_G é $3.3 \times 10^{-4} \text{ mol}/(\text{h m}^2 \text{ mmHg})$.

(2v) d) O fluxo de cloro nesse ponto da coluna.

(2v) e) Se o processo se realizar a uma temperatura mais elevada, qual espera ser o efeito no fluxo? Justifique a sua resposta.

(1v) f) Será importante usar uma reação química na fase líquida neste caso? Justifique a sua resposta.

Dados de equilíbrio:

p_{cloro} (mmHg)	5	10	30	50	100	150
C_{cloro} (mM)	6.2	8.1	13.2	17.1	25.0	32.0

I)

$$K_c = \frac{C_F}{2} \frac{V}{Sc^{2/3}}$$

$$Re = \frac{(5 \times 10^{-2})(15)}{2 \times 10^{-5}} = 3,75 \times 10^4$$

$$C_F = 0,0067$$

$$K_c = \frac{0,0067}{2} \cdot \frac{15 \frac{m}{s}}{\left(\frac{2 \times 10^{-5}}{3,7 \times 10^{-6}} \right)^{2/3}}$$

$$K_c = 2,65 \times 10^{-2} \frac{m}{s}$$

$$Sc = 2,59$$

b) Não se pode usar a analogia de Reynolds porque $Sc \neq 1$

$$c) \ln \left(\frac{C_A^* - C_{A0}}{C_A^* - C_{AL}} \right) = \frac{4}{d} \frac{k_c L}{v}$$

$$C_A^* - C_{AL} = \frac{C_A^*}{e^{\frac{4}{d} \frac{k_c L}{v}}}$$

$$C_A^* = \frac{P_A^*}{RT} = \frac{\frac{3.5}{760} \cdot 10^5}{(8.314)(288)}$$

$$C_A^* = 0,1923 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$C_{AL} = 0,1923 - \frac{0,1923}{e^{\frac{4}{5 \times 10^{-2}} \frac{2,65 \times 10^{-2}}{15} (1.5)}}$$

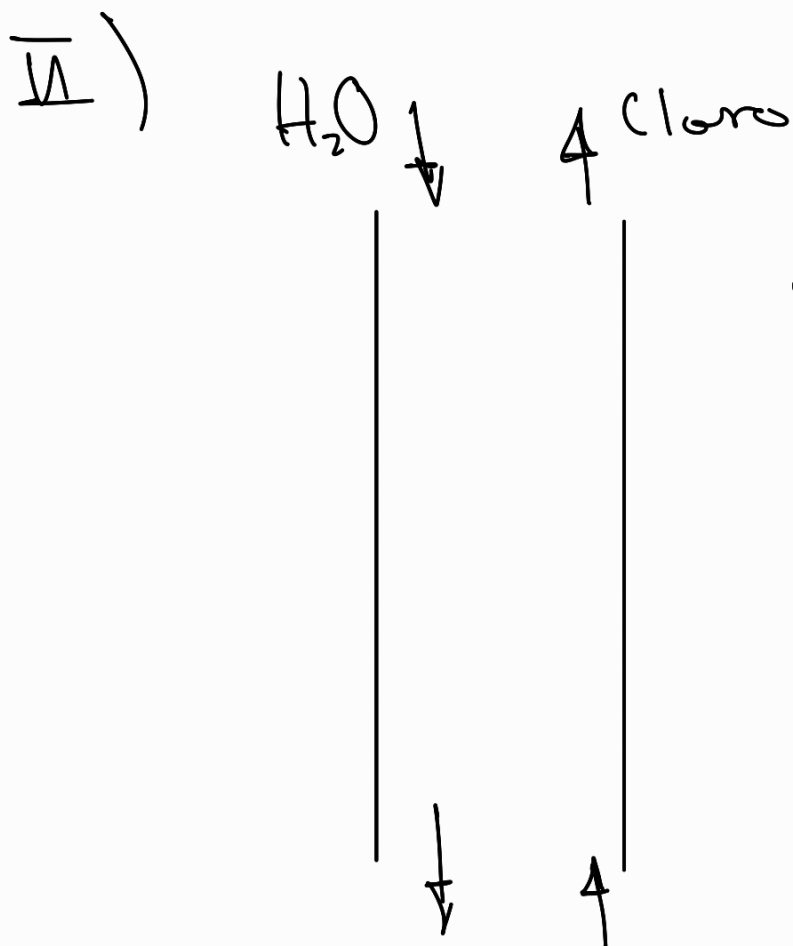
$$C_{AL} = 0,0367 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$d) C_{AL} = 0,1923 - \frac{0,1923}{e^{\frac{4}{5 \times 10^{-2}} \frac{2,65 \times 10^{-2}}{15} (4.5)}}$$

$$C_{Al} = 0,0905 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$\% \text{ sal} = \frac{0,0905}{0,1923} \cdot 100 = 47,06\%$$

e) Métodos experimentais para determinar quedas de pressão por atrito, por exemplo



$$P_A = 125 \text{ mmHg}$$

$$C_0 = 14 \text{ mM}$$

$$\% \text{ rest fase liq} = 80\%$$

a) Por Interpolação na tabela

$$C_A^* = 28,5 \text{ mM} \quad \swarrow$$

$$P_A^* = 34,1 \text{ mmHg} \quad \swarrow$$

$$b) \quad 0,8 = \frac{(C_{Ai} - C_{Ac})}{(C_A^* - C_{Ac})}$$

$$(0,8)(28,5 - 14) + 14 = C_{Ai}$$

$$C_{Ai} = 25,6 \text{ mM}$$

$$0,2 = \frac{P_A - P_{Ai}}{P_A - P_A^*}$$

$$(0,2)(125 - 34,1) = P_A - P_{Ai}$$

$$P_{Ai} = 125 - (0,2)(125 - 34,1)$$

$$P_{Ai} = 106,82 \text{ mmHg} \quad \swarrow$$

c)

$$K_G = (0,2)(3,3 \times 10^{-4})$$

$$= 6,6 \times 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mmHg}}$$

$$d) N_A = (6,6 \times 10^{-5})(125 - 34,1)$$

$$= 6 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$$

e)

$$N_A = K_G (P_A - P_A^*)$$

$$T \uparrow \Rightarrow P_A^* \uparrow$$

f) É importante a reação química porque a resistência na fase líquida e

devido, usar a reação
química ajudaria a diminuir
esta resistência.