

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	$1 \times 10^4$	$5 \times 10^4$	$1 \times 10^5$	$5 \times 10^5$	$1 \times 10^6$
$C_f$	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:

- a) (3v) O coeficiente de transferência de massa usando a analogia de Chilton-Colburn.
- b) (1v) Pode usar a analogia de Reynolds? Justifique.
- c) (2v) A concentração de naftaleno no ar para o comprimento de 1.5 m.
- d) (2v) A percentagem de saturação do ar na corrente de saída.
- e) (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:  $D_{naf/ar}$  (15°C, 1atm) =  $7.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

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

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

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

Analogia de Reynolds:  $\frac{k_c}{V} = \frac{C_f}{2}$        $\ln \left( \frac{C_{As} - C_{Ao}}{C_{As} - C_{AL}} \right) = \frac{4 k_c}{d V} L$

Analogia de Chilton-Coulburn:  $\frac{k_c}{V} \text{ Sc}^{\frac{2}{3}} = \frac{C_f}{2}$        $C_{As} = C^*$  e  $V$  - 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  $3.3 \times 10^{-4}$  mol/(h m<sup>2</sup> 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:

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

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	$1 \times 10^4$	$5 \times 10^4$	$1 \times 10^5$	$5 \times 10^5$	$1 \times 10^6$
$C_f$	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:  $D_{naf/ar}$  (15°C, 1atm) =  $7.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

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

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

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

$$\text{Analogia de Reynolds: } \frac{k_c}{V} = \frac{C_f}{2} \quad \ln \left( \frac{C_{As} - C_{Ao}}{C_{As} - C_{Al}} \right) = \frac{4 k_c}{d V} L$$

$$\text{Analogia de Chilton-Coulburn: } \frac{k_c}{V} Sc^{\frac{2}{3}} = \frac{C_f}{2} \quad C_{As} = C^* \text{ e } V - \text{velocidade}$$

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

$$a) K_c = \frac{C_f \cdot V}{Sc^{\frac{2}{3}} \cdot 2}$$

$$Re = \frac{V d}{\nu} = \frac{(15)(5 \times 10^{-2})}{2 \times 10^{-5}} = 3,75 \times 10^6$$

$C_f = \text{Interpolación} \approx 0,0067$

$$K_C = \frac{(0,0067)(15)}{\left(\frac{2 \times 10^5}{7,7 \times 10^2}\right)^{2/3} \cdot 2} = 0,027$$

$\frac{m}{s}$

$$\Rightarrow S_C = 2,6$$

b) Nao, porque  $S_C \neq 1$

c)  $C_{AL} = ?$

$$K_C = \ln \left( \frac{C^*}{C^* - C_{AL}} \right) \cdot \frac{d \cdot \sigma}{4 \cdot l}$$

$$e^{\frac{4 \cdot K_C \cdot l}{d \cdot \sigma}} = \frac{C^*}{C^* - C_{AL}}$$

$$C_{A_{1,S}} = \frac{-C^* + e^{\frac{4 \cdot K_C \cdot l}{d \cdot \sigma}} C^*}{e^{\frac{4 \cdot K_C \cdot l}{d \cdot \sigma}}}$$

$$= 0,037 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$= 0,0917 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

d)  $\% \text{ Sat} = \frac{C_{\text{AL}}}{C^*} \times 100$

$$\% \text{ Sat} = \left( \frac{0,192}{0,0917} \right)^{-1} \times 100 = 47,76\%$$

e) Correlações experimentais.

e queda de pressão,  
é mais fácil medir no  
(ab.) temperaturas do que  
pressões.

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  $3.3 \times 10^{-4}$  mol/(h m<sup>2</sup> mmHg).

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

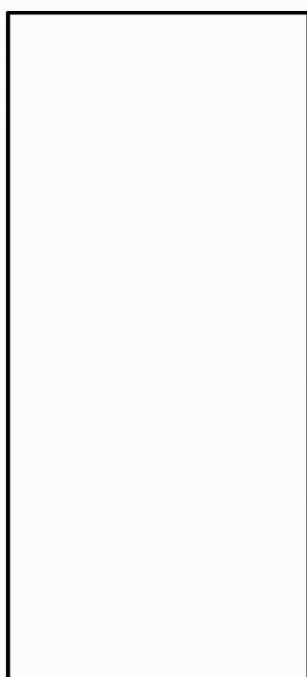
(2v) e) Se o processo se realizar a uma temperatura mais elevada, qual espera ser o efeito no fluxo? Justifique a sua resposta.

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

#### Dados de equilíbrio:

p <sub>cloro</sub> (mmHg)	5	10	30	50	100	150
C <sub>cloro</sub> (mM)	6.2	8.1	13.2	17.1	25.0	32.0

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



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

$$\phi_8 = \frac{\frac{1}{k_L}}{\frac{1}{k_L}}$$

a)  $C_A^* \wedge P_A^* ?$

$P_A^*$  = Interpolando o Nulos  
com os Nulos da concentração  
 $C_{\text{SIO}}(C_A)$

$P_A^* = 34,1 \text{ mm Hg}$

$C_A^* = \text{Interpol. o val. com } (P_A)$

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

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

$C_{Ai} = (0,8)(28,5 - 14) + 14$   
 $= 25,6 \text{ mM}$

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

$$P_{Ai} = -(0,2)(125 - 34,1) + 125 \\ = 106,82 \text{ mmHg}$$

c)

$$K_G = (0,2)(3,3 \times 10^{-4}) \\ = 6,6 \times 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{m}^2 \text{ mmHg}}$$

d)  $N_A = K_G (P_A - P_{Ai})$

$$= (3,3 \times 10^{-5})(125 - 106,82) \\ = 6 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{m}^2}$$

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

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

Logo maior  $P_A^*$  menor  $N_A$

f) É importante porque a resistência va forçar lig é elevada, logo a reação química ajudaria a uma melhor transferência de massa.