

Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia – Departamento de Química
Fenómenos de Transferência II
2º Teste – 2 de Junho de 2023

I

Pretende-se limpar um tubo cilíndrico com 5 cm de diâmetro e 120 m de comprimento cuja superfície interior se encontra revestida de ácido benzóico. Para isso faz-se circular água a 25°C no interior do tubo a uma velocidade 5 m/s.

- (3v) Calcule o coeficiente de transferência de massa, escolhendo a analogia mais adequada. Justifique.
- (3v) Calcule a percentagem de saturação da água à saída do tubo.
- (2v) Calcule a quantidade em kg de ácido benzóico removida durante a primeira hora do processo.
- (2v) Discuta as vantagens do uso de analogia no cálculo dos coeficientes de transferência de massa.

Dados: M (ác. benzóico) = 122 g/mol

$D_{\text{ác. benzóico-água}} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$

Solubilidade ác. benzóico-água = 0.003 g/cm³

$$C_f = 0.079 \text{ Re}^{-0.25} \quad Sc = 1000 \quad Re = \frac{\rho dV}{\mu}$$

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

$$Sc = \frac{\mu}{\rho D_{AB}} \quad \ln \left(\frac{C_{As} - C_{Ao}}{C_{As} - C_{AL}} \right) = \frac{4 k_c}{d V} L$$

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

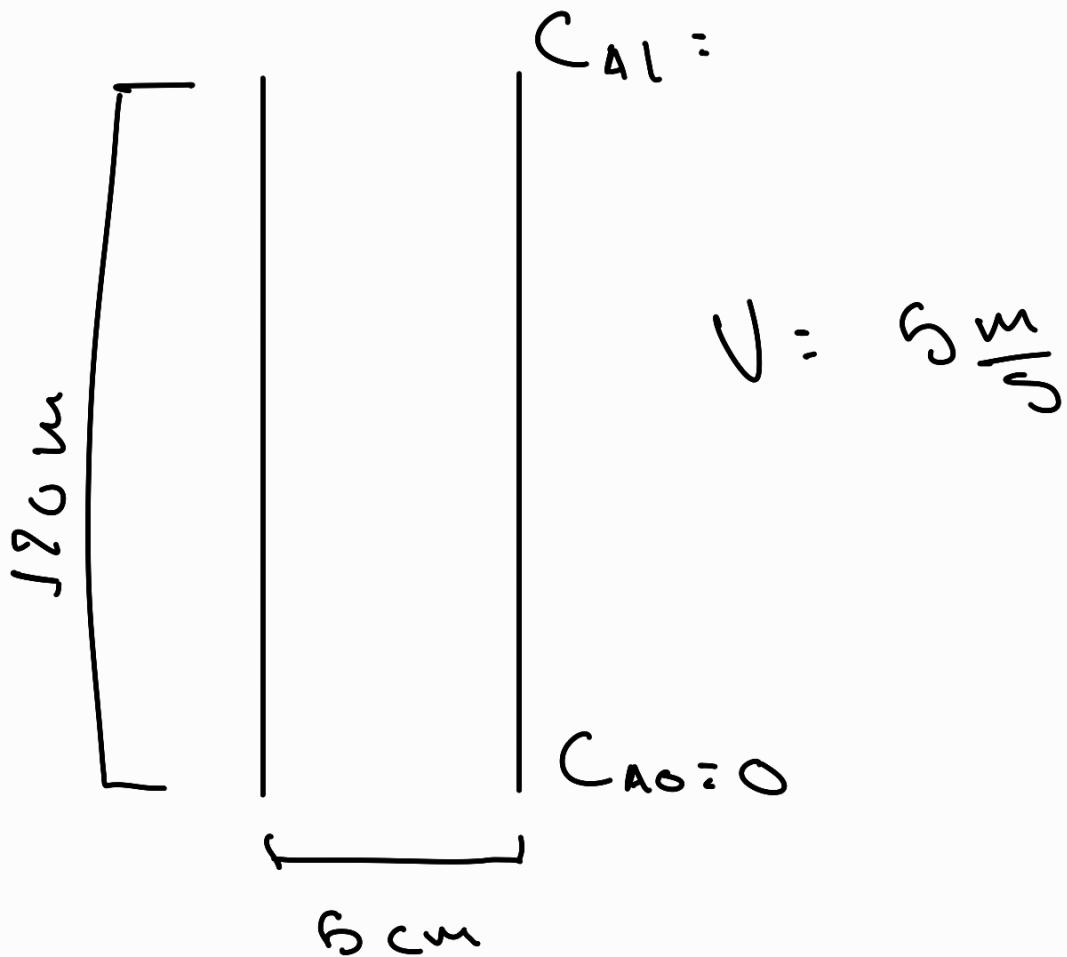
$$W = V * \pi d^2 / 4 * (C_{AL} - C_{A0})$$

$C_{As} = C^*$ e V – velocidade

II

Num estudo de absorção de um composto A em água, realizado numa coluna de enchimento, obteve-se um coeficiente individual de transferência de massa para a fase líquida, $k_L = 2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ e verificou-se que, 10% da resistência global é exercida pela fase líquida. Num determinado ponto da coluna a percentagem molar de A no ar é 15% e a sua concentração molar no líquido é 0.01 mol/dm³. A pressão total é 3 atm e a constante de Henry é 0.5 atm ($p_A = H x_A$). A concentração molar da água é $C_L = 1000 / 18 \text{ mol/dm}^3$.

- (2v) Determine o coeficiente global de transferência de massa baseado na fase líquida, K_L e o coeficiente individual de transferência de massa para a fase gasosa, k_G .
- (2v) Determine o fluxo molar.
- (2v) Calcule as composições interfaciais no referido ponto da coluna.
- (4v) No caso de ocorrer uma reação química irreversível de 2^a ordem explique em que condições o processo de transferência de massa é controlado pelo filme gasoso. Nessas condições qual seria o valor do fluxo nesse mesmo ponto da coluna? Comente.



a) $S_C : 1000 = \frac{\mu}{\rho D_A}$

$$\frac{\mu}{\rho} = (1000)(1 \times 10^{-5}) = 1 \times 10^{-2} \frac{cm^2}{s}$$

$$Re = \frac{(5 \times 10^{-2})(5)}{1 \times 10^{-2} \cdot \frac{1}{(100)^2}} = 2500000 \rightarrow$$

$$C_f = (0,079)(2,5 \times 10^5)^{-0,25}$$

$$C_F = 3,533 \times 10^{-3}$$

$$K_C = \frac{(3,533 \times 10^{-3})(5)}{(1000)^{2/3} (2)}$$

$$= 8,8325 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

A analogie mais adequada
é a de Chiffon - Colburn
porque $S_C \neq 1$

b) $\frac{C_A^* - C_{A0}}{C_A^* - C_{AL}} = \frac{4}{d} \frac{K_C}{V} \cdot L$

$$C_A^* - C_{AL} = \frac{d \cdot V}{(C_A^* - C_{A0}) \cdot 4 \cdot K_C \cdot L}$$

$$C_{AL} = (0,003 \times 10^{-3} \cdot 10^6) \frac{(5 \times 10^{-3})(5)}{(0,003 \times 10^{-3}) \cdot 4}$$

$$C_{\text{air}} = 2,8 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

(8,8325 x 10⁻⁵)
(120)

∴ Sat = $\frac{2,8}{3} \times 100 = 93,4\%$

c) $\omega = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \pi \underbrace{\left(5 \times 10^{-2} \text{m} \right)^2}_{\downarrow} \left(2,8 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$

$$\omega = 2,7489 \times 10^{-2} \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

$$m_{(t=1h)} = 2,7489 \times 10^{-2} \frac{\text{Kg}}{\text{s}} (3600)$$

$$= 98,96 \text{ Kg}$$

d) Ajundan a determinar
coef de transferencia
de massa e/ou calor
a través de magnitudes
de complexos obtengāo ue

lembrete

Num estudo de absorção de um composto A em água, realizado numa coluna de enchimento, obteve-se um coeficiente individual de transferência de massa para a fase líquida, $k_L = 2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ e verificou-se que, 10% da resistência global é exercida pela fase líquida. Num determinado ponto da coluna a percentagem molar de A no ar é 15% e a sua concentração molar no líquido é 0.01 mol/dm³. A pressão total é 3 atm e a constante de Henry é 0.5 atm ($p_A = H x_A$). A concentração molar da água é $C_L = 1000/18 \text{ mol/dm}^3$.

- (2v) Determine o coeficiente global de transferência de massa baseado na fase líquida, K_L e o coeficiente individual de transferência de massa para a fase gasosa, k_G .
- (2v) Determine o fluxo molar.
- (2v) Calcule as composições interfaciais no referido ponto da coluna.
- (4v) No caso de ocorrer uma reação química irreversível de 2^a ordem explique em que condições o processo de transferência de massa é controlado pelo filme gasoso. Nessas condições qual seria o valor do fluxo nesse mesmo ponto da coluna? Comente.

$$C_A = 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \quad g_A = 0,15$$

$$K_L = 2 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

10% resist liq

$$P_t = 3 \text{ atm}$$

$$H = 0,5 \text{ atm}$$

$$C_L = \frac{1000}{18} \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3}$$

$$a) \frac{K_L}{K_L} = 0,1 \Rightarrow K_L = (0,1)(2 \times 10^{-5})$$

$$K_L = 2 \times 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}} \xrightarrow{\text{atm.}} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

$$\frac{1}{K_L} = \frac{1}{K_L} + \frac{1}{A' K_G \frac{\text{mol}}{\text{s m}^2 \text{atm}}} \xrightarrow{\text{atm.}}$$

$$H' = \frac{A}{C_L} = (0,5) \left(\frac{0,01 \delta}{1000} \right) = 9 \times 10^{-5} \text{ atm} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$$

$$P_A = H \cdot x_A \quad y_A = \frac{0,5 \text{ atm}}{3 \text{ atm}} \cdot x_A$$

$$P + y_A = H \cdot x_A$$

$$y_A = 0,16 \cdot x_A$$

$\rightarrow 1/A'$

$$K_G = \left(\frac{1}{K_L} - \frac{1}{K_L} \right) \cdot \frac{C_L}{A} \cdot 1000$$

$$K_G = 0,746 \frac{\text{mol}}{\text{s m}^2 \text{atm}}$$

$$b) K_G: K_G \cdot 0,9 =$$

$$= 0,227 \frac{\text{mol}}{\text{s.m}^2 \cdot \text{atm}}$$

$\xrightarrow{\boxed{P_A = H' C_A^*}}$

$$N_A = K_L (C_A^* - C_{AL})$$

$$= 2 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \left(\frac{y_A P}{H'} - 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \right)$$

$$= 2 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \left(\frac{(0,15)(3 \text{ atm})}{9 \times 10^3 \frac{\text{atm.m}^3}{\text{mol}}} - 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} \right)$$

$$= 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{s.m}^2}$$

~~\downarrow~~

$$c) N_A = K_L (C_{Ai} - C_{AL})$$

$$C_{Ai} = \frac{N_A}{K_L} + C_{AL}$$

$$C_{Ai} = \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{s.m}^2}}{2 \times 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}} + 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$= 5 \times 10^3 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$P_{Ai} = P_A - \frac{N_A}{K_G} = (1,5)(3) \cancel{\text{atm}} - \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{s.m}^2}}{0,246 \cancel{\text{mol}}} \cancel{\text{s}^{-1}}$$

$$= 0,0434 \text{ atm}$$

d) Reação de 2º orden

Reação Rápida, logo

$$N_A = K_G (P_{A_G} - P_{Ai}^{2^0}) = 0,1107 \frac{\text{mol}}{\text{s.m}^2}$$

$$\frac{N_A \text{ seu.r}}{N_A \text{ com.r}} \times 100: \frac{0,1}{0,1107} \times 100$$

$$\therefore 90\%$$

