

# FT II – Test 2023.2 Resolution

Felipe B. Pinto 61387 – MIEQB

18 de julho de 2024

## Conteúdo

Questão 1	. . . . .	2	Questão 2	. . . . .	7
-----------	-----------	---	-----------	-----------	---

## Questão 1

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.

Dados:

- $M(ac.benzoico) = 122 \text{ g/mol}$
- $\mathcal{D}_{ac.ben,agua} = 1.0 \text{ E}^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$
- Solubilidade Ac Benzoico:  $3 \text{ E}^{-3} \text{ g/cm}^3$
- $C_f = 7.9 \text{ E}^{-2} Re^{-.25}$
- $Sc = \mu/\rho \mathcal{D}_{A,B} = 1000$
- $Re = \rho d V/\mu$
- Analogia de Reynolds:  $k_C/V = C_f/2$
- Analogia de Chilton-Coulburn:  $Sc^{2/3} k_C/v = C_f/2$
- $\ln \frac{C_{A,S}-C_{A,0}}{C_{A,S}-C_{A,L}} = \frac{4L}{d} \frac{k_C}{v}$
- $W = v (\pi d^2/4)(C_{A,L} - C_{A,0}); C_{A,S} = C^* \wedge v : \text{Velocidade}$

Q1 a.

Calcule o coeficiente de transferência de massa, escolhendo a analogia mais adequada. Justifique.

Resposta

$Sc = 1000 \neq 1 \implies$  Chilton-Colburn é a mais adequada

$$\begin{aligned}\implies k_C &= \frac{C_f v}{2 Sc^{2/3}} = \frac{(7.9 \text{ E}^{-2} Re^{-.25}) v}{2 * Sc^{2/3}} = \frac{7.9 \text{ E}^{-2} \left( \frac{\rho dv}{\mu} \right)^{-.25} v}{2 Sc^{2/3}} = \\&= \frac{7.9 \text{ E}^{-2} \left( \frac{\left( \frac{\mu}{D_A Sc} \right) dv}{\mu} \right)^{-.25} v}{2 Sc^{2/3}} = \frac{7.9 \text{ E}^{-2} \left( \frac{dv}{D_A Sc} \right)^{-.25} v}{2 Sc^{2/3}} = \\&= \frac{7.9 \text{ E}^{-2} \left( \frac{5 * 5 \text{ E}^2}{1.0 \text{ E}^{-5} * 1 \text{ E}^3} \right)^{-.25} 5}{2 (1 \text{ E}^3)^{2/3}} \cong \\&\cong 8.832 \text{ E}^{-5} \text{ m/s}\end{aligned}$$

Q1 b.

Calcule a percentagem de saturação da água à saída do tubo.

Resposta

% Sat :

$$\% \text{ Sat} = \frac{C_{A,L}}{C^*};$$

$$\begin{aligned} \ln \frac{C_{A,S} - C_{A,0}}{C_{A,S} - C_{A,L}} &= \ln \frac{C^* - 0}{C^* - \% \text{ Sat} * C^*} = -\ln (1 - \% \text{ Sat}) = \\ &= \frac{4 L}{d} \frac{k_C}{v} \implies \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \implies \% \text{ Sat} &= 1 - \exp \left( -\frac{4 L}{d} \frac{k_C}{v} \right) \cong \\ &\cong 1 - \exp \left( -\frac{4 * 120 \text{ E}^2}{5} \frac{8.832 \text{ E}^{-5}}{5} \right) \cong \\ &\cong 15.598 \% \end{aligned}$$

Q1 c.

Calcule a quantidade em kg de ácido benzóico removida durante a primeira hora do processo.

---

Resposta

$$\begin{aligned} m &= t W = t v \left( \pi d^2 / 4 \right) (C_{A,L} - C_{A,0}) = t v \left( \pi d^2 / 4 \right) (\% \text{ Sat} * C^* - 0) \cong \\ &\cong 3600 * 5 \text{ E}^2 \left( \pi 5^2 / 4 \right) (15.598 \text{ E}^{-2} * 3 \text{ E}^{-2}) \cong \\ &\cong 165.388 \text{ kg} \end{aligned}$$

Q1 d.

Discuta as vantagens do uso de analogia no cálculo dos coeficientes de transferência de massa.

---

Resposta

Permitem que com dados mais simples de se obter laboratorialmente determinar o coeficiente de massa e/ou o calor.

## Questão 2

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,  $k_L = 2 \text{ E}^{-5} \text{ m/s}$  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  $0.01 \text{ mol/dm}^3$ . 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  $C_L = 18^{-1} \text{ E}^3 \text{ mol/dm}^3$ .

Q2 a.

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,  $k_G$ .

---

---

Resposta

Coeff de trasnf de massa da fase líquida  $K_L$  :

$$\frac{K_L}{k_L} = 0.1 \implies K_L = 0.1 k_L = 0.1 * 2 \text{ E}^{-5} = 2 \text{ E}^{-6} \text{ m/s}$$

Coeff de trasnf de massa da fase gasosa  $K_G$  :

$$K_G = 0.9 * k_g;$$

$$K_L^{-1} = k_L^{-1} + (H' k_G)^{-1} = k_L^{-1} + \left( \frac{H}{C_L} k_G \right)^{-1} \implies$$

$$\implies k_G = (K_L^{-1} - k_L^{-1})^{-1} \frac{C_L}{H} \implies$$

$$\begin{aligned} \implies K_G &= 0.9 (K_L^{-1} - k_L^{-1})^{-1} \frac{C_L}{H} = \\ &= 0.9 ((2 \text{ E}^{-6})^{-1} - (2 \text{ E}^{-5})^{-1})^{-1} \frac{18^{-1} \text{ E}^3 * 10^6}{0.5} \frac{\text{mol}}{\text{s m}^2 \text{ atm}} \cong \\ &\cong 222.222 \frac{\text{mol}}{\text{s m}^2 \text{ atm}} \end{aligned}$$



Q2 b.

Determine o fluxo molar.

---

Resposta

$$\begin{aligned} N_A &= K_L (C_A^* - C_{A,L}) = K_L \left( \frac{P_A}{H'} - C_{A,L} \right) = K_L \left( \frac{P y_A}{H/C_L} - C_{A,L} \right) = \\ &= 2 \text{ E}^{-6} \left( \frac{3 * 0.15}{0.5/18^{-1} \text{ E}^3} - 0.01 \right) \frac{\text{m mol}}{\text{s dm}^3} \cong \\ &\cong 99.980 \frac{\text{mol}}{\text{s m}^2} \end{aligned}$$

Q2 c.

Calcule as composições interfaciais no referido ponto da coluna.

Resposta

$C_{A,i}$

$$\begin{aligned} N_A &= K_L (C_{A,i} - C_{A,L}) \implies \\ \implies C_{A,i} &= C_{A,L} + N_A/k_L \cong \\ &\cong 0.010 + \frac{99.980}{2 \text{ E}^{-5}} \cong \\ &\cong 4.999 \text{ E}^6 \text{ mol/m}^3; \end{aligned}$$

$P_{A,i}$

$$\begin{aligned} N_A &= k_G (P_A - P_{A,i}) = k_G (P y_A - P_{A,i}) \implies \\ \implies P_{A,i} &= P y_A - \frac{N_A}{k_G} \cong \\ &\cong 3 * 0.15 - \frac{99.980}{222.222} \cong \\ &\cong 9.000 \text{ E}^{-5} \text{ atm} \end{aligned}$$

Q2 d.

No caso de ocorrer uma reação química irreversível de 2ª 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.

---

---

Resposta

$$N_A = k_G(P_{A,G} - P_{A,i});$$

Reação de 2ª ordem  $\wedge$  Reação rápida  $\therefore P_{A,i} = 0 \implies$

$$\begin{aligned} \implies N_A &= k_G(P_{A,G} - 0) = k_G(P_G y_A) \cong 222.222(3 * 0.15) \frac{\text{mol}}{\text{s m}^2} \cong \\ &\cong 100.000 \frac{\text{mol}}{\text{s m}^2}; \end{aligned}$$

$$\frac{N_{A,r'}}{N_{A,r}} = \frac{99.98}{100} = 99.98 \%$$