

# FT II – Test 2022.2 Resoltion

Felipe B. Pinto 61387 – MIEQB

25 de julho de 2024

## Conteúdo

Questão 1	2	Questão 2	8
-----------	---	-----------	---

# Questão 1

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:

$Re$	$1\text{ E}^4$	$5\text{ E}^4$	$1\text{ E}^5$	$5\text{ E}^5$	$1\text{ E}^6$
$C_f$	$8.0\text{ E}^{-3}$	$6.1\text{ E}^{-3}$	$5.0\text{ E}^{-3}$	$4.4\text{ E}^{-3}$	$4.1\text{ E}^{-3}$

Faz-se passar ar à temperatura de  $15^\circ\text{C}$  e à pressão de  $1\text{ atm}$  através dessa conduta ( $5\text{ cm}$  de diâmetro e  $4.5\text{ m}$  de comprimento) a uma velocidade de  $15\text{ m/s}$ .

Dados:

$$D_{Na_f,ar}(15^\circ\text{C}, 1\text{ atm}) = 7.7\text{ E}^{-6}\text{ m/s};$$

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

$$\mu_{ar}(15^\circ\text{C}) = 2.0\text{ E}^{-5}\text{ m}^2/\text{s};$$

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

Analogia de Reynolds

$$\frac{k_C}{v} = \frac{C_f}{2}$$

Analogia de Chilton-Coulburn

$$\frac{k_C}{v} Sc^{2/3} = \frac{C_f}{2}$$

$$\ln \frac{C_{A,s} - C_{A,0}}{C_{A,s} - C_{A,L}} = \frac{4L}{d} \frac{k_C}{v};$$

$$Sc = \frac{\mu}{\rho \mathcal{D}};$$

$$Sh = \frac{k_c d}{\mathcal{D}};$$

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu}$$

Q1 a.

O coeficiente de transferência de massa usando a analogia de Chilton-Colburn.

Resposta

$$k_C = \frac{C_f v}{2 Sc^{2/3}} = \frac{C_f v}{2 (\mu/\rho \mathcal{D}_{NaF,Ar})^{2/3}} \cong \frac{6.694 \text{ E}^{-3} * 15}{2 (2.0 \text{ E}^{-5}/1 * 7.7 \text{ E}^{-6})^{2/3}} \text{ m/s} \cong \\ \cong 2.657 \text{ E}^{-2} \text{ m/s};$$

$C_f$

$$C_f(Re) = C_f \left( \frac{\rho d v}{\mu} \right) = C_f \left( \frac{1 * 5 \text{ E}^{-2} * 15}{2.0 \text{ E}^{-5}} \right) = C_f (3.750 \text{ E}^4) = C_f (3.750 \text{ E}^4) \implies \\ \implies \frac{C_f (3.750 \text{ E}^4) - C_f (1 \text{ E}^4)}{3.750 \text{ E}^4 - 1 \text{ E}^4} = \frac{C_f (5 \text{ E}^4) - C_f (1 \text{ E}^4)}{5 \text{ E}^4 - 1 \text{ E}^4} \implies \\ \implies C_f (3.750 \text{ E}^4) = \frac{C_f (5 \text{ E}^4) - C_f (1 \text{ E}^4)}{5 \text{ E}^4 - 1 \text{ E}^4} (3.750 \text{ E}^4 - 1 \text{ E}^4) + C_f (1 \text{ E}^4) = \\ = \frac{6.1 \text{ E}^{-3} - 8.0 \text{ E}^{-3}}{5 \text{ E}^4 - 1 \text{ E}^4} (3.750 \text{ E}^4 - 1 \text{ E}^4) + 8 \text{ E}^{-3} \cong \\ \cong 6.694 \text{ E}^{-3}$$

Q1 b.

Pode usar a analogia de Reynolds? Justifique.

---

Resposta

$$Sc = \frac{\mu}{\rho \mathcal{D}} = \frac{2.0 \text{ E}^{-5}}{1 * 7.7 \text{ E}^{-6}} \cong 2.597 \neq 1$$

$\therefore$  não se pode usar a analogia de Reynallds

Q1 c.

A concentração de naftaleno no ar para o comprimento de 1.5 m.

---

---

Resposta

$C_{A,15}$  :

$$\begin{aligned}\ln \frac{C_{A,s} - C_{A,0}}{C_{A,s} - C_{A,L}} &= \ln \frac{C_A^* - 0}{C_A^* - C_{A,L}} = -\ln(1 - C_{A,L}/C_A^*) = \frac{4L}{d} \frac{K_C}{v} \implies \\ \implies C_{A,L} &= C_A^* \left( 1 - \exp \left( -\frac{4L}{d} \frac{K_C}{v} \right) \right) = \frac{P^*}{RT} \left( 1 - \exp \left( -\frac{4L}{d} \frac{K_C}{v} \right) \right) = \\ &= \frac{3.5/760.002}{8.206 \text{ E}^{-5} (15 + 273.15)} \left( 1 - \exp \left( -\frac{4L}{5 \text{ E}^{-2}} \frac{2.657 \text{ E}^{-2}}{15} \right) \right) \cong \\ &\cong 1.948 \text{ E}^{-1} \left( 1 - \exp \left( -1.417 \text{ E}^{-1} L \right) \right) \implies \\ \implies C_{A,1.5} &\cong 3.729 \text{ E}^{-2} \text{ mol/m}^3\end{aligned}$$

Q1 d.

A percentagem de saturação do ar na corrente de saída.

---

Resposta

$$\% \text{ Sat} = \frac{C_{A,L}}{C^*} = \frac{C_{A,4.5}}{C^*} \cong \frac{C^* (1 - \exp(-1.417 \text{ E}^{-1} * 4.5))}{C^*} \cong 47.147 \%$$

Q1 e.

Para além de analogias quais os outros métodos que poderá usar para calcular coeficientes de transferência de massa? Quais são os mais utilizados?

---

**Resposta**

Usamos correlações e medições de queda de pressão, a primeira toma prioridade por temperatura ser mais fáceis de medir no laboratório do que pressões.

## Questão 2

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 293 K e à pressão de 1 atm. Num dado ponto da coluna a pressão parcial de cloro no gás é 125 mmHg e a concentração de cloro no líquido é de 14 mM. Se 80% da resistência à transferência de massa estiver na fase líquida, calcule:

Dados de equilíbrio:

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



## Q2 a.

As composições de equilíbrio.

---

---

### Resposta

$$\begin{aligned}C_{cloro}^* = f(p_{cloro}^*) = f(125) &\implies \frac{f(125) - f(100)}{125 - 100} = \frac{f(150) - f(100)}{150 - 100} \implies \\&\implies C_{cloro}^* = f(125) = \frac{f(150) - f(100)}{150 - 100}(125 - 100) + f(100) = \\&= \frac{32.0 - 25.0}{150 - 100}(125 - 100) + 25.0 = 28.5 \text{ mM};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{cloro}^* = f(c_{cloro}) = f(14) &\implies \\&\implies \frac{f(14) - f(13.2)}{14 - 13.2} = \frac{f(17.1) - f(13.2)}{17.1 - 13.2} \implies \\&\implies p_{cloro}^* = f(14) = \frac{f(17.1) - f(13.2)}{17.1 - 13.2}(14 - 13.2) + f(13.2) = \\&= \frac{50 - 30}{17.1 - 13.2}(14 - 13.2) + 30 \cong 34.103 \text{ mmHg}\end{aligned}$$

Q2 b.

As composições interfaciais.

---

Resposta

$C_{A,i}$

$$\frac{C_{A,i} - C_{A,L}}{C_A^* - C_{A,L}} = 0.8 \implies$$

$$\implies C_{A,i} = 0.8(C_A^* - C_{A,L}) + C_{A,L} = 0.8(28.5 - 14) + 14 \cong 25.6 \text{ mM};$$

$P_{A,i}$

$$\frac{P_A - P_{A,i}}{P_A - P_A^*} = 0.2 \implies$$

$$\implies P_{A,i} = P_A - 0.2(P_A - P_A^*) = 125 - 0.2(125 - 34.103) \cong 106.821 \text{ mmHg}$$

Q2 c.

O coeficiente global de transferência de massa  $K_G$  sabendo que o coeficiente individual de transferência de massa  $k_G$  é  $3.3 \text{ E}^{-4} \text{ mol/h m}^2 \text{ mmHg}$ .

---

Resposta

$$K_G = 0.2 k_G = 0.2 * 3.3 \text{ E}^{-4} = 6.6 \text{ E}^{-5} \text{ mol/h m}^2 \text{ mmHg}$$

Q2 d.

O fluxo de cloro nesse ponto da coluna.

---

Resposta

$$N_A = K_G (P_{A,i} - P_A^*) \cong 6.6 \text{ E}^{-5} (125 - 34.103) \cong 5.999 \text{ E}^{-3} \text{ mol/h m}^2$$

Q2 e.

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

---

Resposta

$$N_A \propto -P_A^* \wedge P_A^* \propto T \therefore N_A \propto -T$$

Q2 f.

Será importante usar uma reação química na fase líquida neste caso? Justifique a sua resposta.

---

**Resposta**

É importante a reação química porque a resistência na fase líquida é elevada, usar a reação química contribuiu para diminuir essa resistência