

MARINHA DO BRASIL
SERVIÇO DE SELEÇÃO DO PESSOAL DA MARINHA
GABARITO DESENVOLVIDO
CP-CEM/ 2021 ENGENHARIA QUÍMICA

1ª QUESTÃO (8 pontos)

a) (4 pontos)

$$V = \frac{0,4/3600}{\pi(0,015^2/4)} = 0,629 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{900 \cdot 0,629 \cdot 0,015}{10^{-3}} = 8492$$

$$Nu = \frac{hiD}{k} = 0,023 \cdot Re^{4/5} Pr^{1/3}$$

$$\frac{hi \cdot 0,015}{0,5} = 0,023 \cdot 8492^{4/5} \cdot 8^{1/3} = 63,97$$

$$hi = \frac{63,97 \cdot 0,5}{0,015} = 2132 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

b) (4 pontos)

$$\frac{\Delta x}{k} = \frac{0,001}{100} = 10^{-5} \text{ K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$$

Resistência térmica desprezível

$$U = \frac{1}{\frac{1}{hi} + \frac{1}{he}} = \frac{1}{\frac{1}{2132} + \frac{1}{30}} = 29,6 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\dot{m} = 900 \cdot \frac{0,4}{3600} = 0,1 \text{ kg/s}$$

$$A = \pi DL = \pi \cdot 0,015 \cdot 10 = 0,471 \text{ m}^2$$

$$Q = \dot{m} c_p (T_E - T_S) = 0,1 \cdot 4200 (90 - T_S) = 420 (90 - T_S)$$

$$Q = UA \frac{(T_S - T_{amb}) - (T_E - T_{amb})}{\ln \left[\frac{(T_S - T_{amb})}{(T_E - T_{amb})} \right]} = 29,6 \cdot 0,471 \frac{(T_S - 25) - (90 - 25)}{\ln \left[\frac{(T_S - 25)}{(90 - 25)} \right]} =$$

$$Q = 13,94 \frac{(T_s - 90)}{\ln \left[\frac{(T_s - 25)}{65} \right]}$$

$$Q = 420(90 - T_s) = 13,94 \frac{(T_s - 90)}{\ln \left[\frac{(T_s - 25)}{65} \right]}$$

$$\ln \left[\frac{(T_s - 25)}{65} \right] = -0,0332$$

$$T_s = 65 \cdot e^{-0,0332} + 25 = 87,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2ª QUESTÃO (8 pontos)

a) (4 pontos)

Na entrada da turbina: 50 bar e 500 °C

$$h_e = 3434 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m} = 15000/3600 = 4,167 \text{ kg/s}$$

$$s_e = 6,976 \text{ kJ/(kg.K)}$$

Balanco de energia:

Regime permanente, adiabática e reversível.

$$\frac{d(mU)}{dt} = -\dot{m}\Delta H + \dot{Q} + \dot{W} = -\dot{m}(h_s - h_e) + 0 + \dot{W} = 0$$

Balanco de entropia no caso reversível:

Regime permanente, adiabática e reversível.

$$\frac{d(mS)}{dt} = -\dot{m}\Delta S + \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_p = 0 = -\dot{m}\Delta S$$

Variação da entropia nula:

$$s_e = 6,976 \text{ kJ/(kg.K)} = s_s$$

Cálculo da entalpia na saída para pressão = 4 bar

$$\left(\frac{2861-2753}{7,171-6,930}\right) = \left(\frac{h_s-2753}{6,976-6,930}\right) \Rightarrow h_s = 2774 \text{ kJ/kg}$$

Balanco de energia para potência máxima:

Regime permanente, adiabática e reversível.

$$\frac{d(mU)}{dt} = -\dot{m}\Delta H + \dot{Q} + \dot{W} = -\dot{m}(h_s - h_e) + 0 + \dot{W} = 0$$

$$\dot{W} = \dot{m}(h_s - h_e) = 4,167 (2774 - 3434) = -2750 \text{ kW}$$

Potência real:

$$\dot{W} = -2750 \times 0,85 = -2338 \text{ kW}$$

Retomando o balanço de energia:

$$\dot{W} = 4,167 (h_s - 3434) = -2338 \text{ kW} \Rightarrow h_s = 2873 \text{ kJ/kg (} h_s$$

b) (4 pontos)

O escoamento pela válvula é isoentálpico e a alimentação da turbina é dada por:

$$h_e' = h_e = 3434 \text{ kJ/kg}$$

$$P_{\text{pressão}} = 40 \text{ bar}$$

Cálculo da entropia, interpolando-se para a pressão na saída = 40 bar

$$\left(\frac{3434 - 3214}{3445 - 3214} \right) = \left(\frac{s_e - 6,769}{7,090 - 6,769} \right) \Rightarrow s_e = 7,075 \text{ kJ/(kg.K)}$$

No caso da transformação reversível e $Q = 0$, tem-se um processo isoentrópico:

$$s_e = 7,075 \text{ kJ/kg.K} = s_s$$

Interpolando-se na tabela, para a pressão na saída de 4 bar, tem-se:

$$\left(\frac{7,075 - 6,930}{7,171 - 6,930} \right) = \left(\frac{h_s - 2753}{2861 - 2753} \right) \Rightarrow h_s = 2818 \text{ kJ/kg}$$

$$W = w(h_s - h_e) = 4,17 (2818 - 3434) = -2569 \text{ kW}$$

Potência real:

$$W = -2569 \times 0,85 = -2183 \text{ kW}$$

3ª QUESTÃO (8 pontos)

a) (4 pontos)

$$F_{\acute{e}stE} = 0,02 \cdot 0,8 = 0,016 \text{ mol/s}$$

$$F_{\acute{e}stS} = 0,016 \cdot 0,05 = 0,0008 \text{ mol/s}$$

$$F_{NaOHE} = 1,0,2 = 0,2 \text{ mol/s}$$

$$F_{NaOHS} = 0,2 - (0,016 - 0,0008) = 0,1848 \text{ mol/s}$$

NaOH consumida:

$$F_{NaOHE} - F_{NaOHS} = 0,2 - 0,1848 = 0,0152 \text{ mol/s}$$

b) (4 pontos)

$$C_{\acute{e}stE} = \frac{0,02 \cdot 0,8}{0,8 + 0,2} = 0,016 \text{ mol/L}$$

$$C_{NaOHE} = \frac{1,0,2}{0,8 + 0,2} = 0,2 \text{ mol/L}$$

$$C_{\acute{e}stS} = 0,05 \cdot 0,016 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$(C_{\acute{e}stE} - C_{\acute{e}stS}) = (C_{NaOHE} - C_{NaOHS}) = 0,016 - 0,0008 = 0,2 - C_{NaOHS}$$

$$C_{NaOHS} = 0,1848 \text{ mol/L}$$

Reator de mistura:

$$(C_{Ae} - C_{As})q = (-r_A)V_M$$

$$-r_A = kC_{NaOHS}C_{\acute{e}stS} = 0,03 \times 0,1848 \times 8 \cdot 10^{-4} = 4,435 \cdot 10^{-6} \text{ mol/(Ls)}$$

$$(C_{Ae} - C_{As})q = (-r_A)V_M$$

$$(C_{\acute{e}stE} - C_{\acute{e}stS})q = (-r_{\acute{e}st})V_m$$

$$(0,016 - 0,0008)(0,2 + 0,8) = 4,435 \cdot 10^{-6}V_m$$

$$V_m = 3427 \text{ litros}$$

4ª QUESTÃO (8 pontos)

a) (4 pontos)

$$X_1 = \frac{60}{40} = 1,5 \frac{\text{kg água}}{\text{kg ss}}$$

$$t_{\text{secacte}} = \frac{m_s (X_1 - X_2)}{A R} = \frac{40(1,5 - X_2)}{10} = 4 \Rightarrow X_2 = 0,5 \frac{\text{kg água}}{\text{kg ss}}$$

Em base úmida, a umidade é:

$$\frac{0,5}{1 + 0,5} \times 100\% = 33,3\%$$

b) (4 pontos)

$$X_e = \frac{5}{95} = 0,0526 \frac{\text{kg água}}{\text{kg ss}}$$

$$R = -\frac{m_s dX}{A dt}$$

$$R = K(X - X_e)$$

$$R = -\frac{m_s dX}{A dt} = K(X - X_e)$$

No instante t_2 (final do período de seca constante):

$$R = \frac{10}{A} = K(X_2 - X_e) = K(0,5 - 0,0526) \Rightarrow KA = 22,35 \text{ kg ss/h}$$

$$\frac{dX}{(X - X_e)} = -\frac{A}{m_s} K dt$$

$$\int_{X_2}^{X_f} \frac{dX}{(X - X_e)} = -\int_{t_2}^{t_f} \frac{A}{m_s} K dt$$

$$\ln \frac{(X_f - X_e)}{(X_2 - X_e)} = -\frac{A}{m_s} K (t_f - t_2)$$

$$\ln \frac{(X_f - 0,0526)}{(0,5 - 0,0526)} = -\frac{22,35}{40} (7 - 4)$$

$$\frac{(X_f - 0,0526)}{(0,5 - 0,0526)} = 0,1871 \Rightarrow X_f = 0,136 \frac{kg \text{ \u00e1gua}}{kg \text{ ss}}$$

Em base \u00famida, a umidade \u00e9:

$$\frac{0,136}{1 + 0,136} \times 100\% = 12 \%$$

5ª QUESTÃO (8 pontos)

a) (4 pontos)

$$n_{Ar} = j_{Ar} + x_A n_r = j_{Ar} + x_A (n_{Ar} + n_{Br})$$

Sistema diluído: $x_A \rightarrow 0$

$$n_{Ar} \cong j_{Ar}$$

$$n_{Ar} \cong j_{Ar} = -\rho D_{AB} \frac{dx_A}{dr}$$

$$\frac{\partial \rho x_A}{\partial t} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 n_{Ar}) = 0$$

Regime permanente:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 n_{Ar}) = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial r} (r^2 n_{Ar}) = 0 \Rightarrow n_{Ar} = \frac{C_1}{r^2}$$

$$n_{Ar} = \frac{C_1}{r^2} = -\rho D_{AB} \frac{dx_A}{dr}$$

Integrando-se:

$$\int_{\infty}^r \frac{dr}{r^2} = -\frac{\rho D_{AB}}{C_1} \int_{x_{A\infty}}^{x_A} dx_A$$

$$\left[-\frac{1}{r} + 0 \right] = -\frac{\rho D_{AB}}{C_1} (x_A - x_{A\infty})$$

$$x_A = \frac{C_1}{\rho D_{AB}} \frac{1}{r} + x_{A\infty}$$

Cálculo do fluxo em $r = R$:

$$r = R, \quad n_{AR} = -K$$

$$n_{Ar} = -K = \frac{C_1}{R^2}$$

$$C_1 = -KR^2$$

$$x_A = x_{A\infty} - \frac{KR^2}{\rho D_{AB}} \frac{1}{r}$$

b) (4 pontos)

No caso de reação superficial muito rápida, pode-se considerar um alto valor de K. No entanto, como a reação é de ordem zero o valor está limitado pela condição de $x_A = 0$ na superfície.

Assim, tem-se, em $r = R$:

$$x_{AR} = x_{A\infty} - \frac{KR^2}{\rho D_{AB} R} = 0$$

$$\frac{KR}{\rho D_{AB}} = x_{A\infty}$$

$$K = \frac{\rho D_{AB}}{R} x_{A\infty}$$

$$x_{Ar} = x_{A\infty} - \frac{\rho D_{AB}}{R} x_{A\infty} \frac{R^2}{\rho D_{AB} r}$$

$$x_{Ar} = x_{A\infty} - x_{A\infty} \frac{R}{r} = x_{A\infty} \left(1 - \frac{R}{r}\right)$$

6ª QUESTÃO (8 pontos)

a) (4 pontos)

carbono.

O aumento na quantidade de carbono provoca um aumento na dureza e nos limites de resistência e elasticidade do aço e uma redução na ductilidade, traduzida por uma diminuição no alongamento. Estes fatos são justificados pelo aumento da quantidade de cementita que é o constituinte responsável pela dureza e resistência do aço.

O aumento da quantidade de carbono, aumenta também a temperabilidade do aço pela possibilidade de formação da martensita o que torna sua soldabilidade cada vez mais difícil, devido á tendência de endurecimento aparecimento de trincas nas regiões de solda e na região termicamente afetada pela solda.

b) (4 pontos)

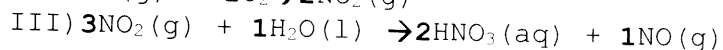
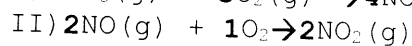
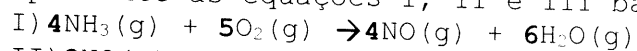
manganês.

A adição de manganês resulta em aumento da dureza e na resistência mecânica do aço, com muito menor prejuízo para a soldabilidade e ductilidade. Estes fatos devem-se a que p manganês forma solução substitucional no aço, dificultando a mobilidade dos átomos nas células cristalinas. O manganês é adicionado também para combater o efeito prejudicial do enxofre em todos os aços.

7ª QUESTÃO (8 pontos)

a) (3 pontos)

apresente as equações I, II e III balanceadas.



b) (5 pontos)

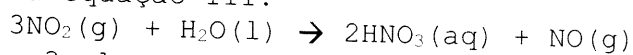
para a produção de 1000L de uma solução 2M de ácido nítrico, qual o volume, em L, de amônia (a 1atm e 25°C) e a massa, em kg, de monóxido de nitrogênio necessários?

1000L de solução 2M de ácido nítrico:

$$2\text{M} = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{1000\text{L}}$$

Logo, $n_{\text{HNO}_3} = 2000\text{mols}$.

Da equação III:

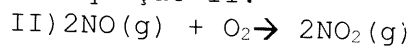


3mols..... 2mols

n_{NO_2}2000mols

Logo: $n_{\text{NO}_2} = 3000\text{mols}$.

Da equação II:



2mols.....2mols

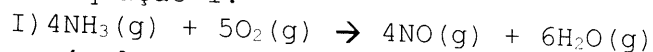
n_{NO}3000mols

Logo: $n_{\text{NO}} = 3000\text{mols}$.

Massa molar do NO = 14 + 16 = 30g/mol

Em 3000mols tem-se: $3000\text{mols} \times 30\text{g/mol} = 90000\text{g} = 90\text{kg}$ de NO

Da equação I:



4mols.....4mols

n_{NH_3}3000mols

Logo: $n_{\text{NH}_3} = 3000\text{mols}$

Volume de NH_3 necessário a 25°C e 1atm:

$$pV=nRT$$

$$(1\text{atm}) \times V = (3000\text{mols}) \times (0,082\text{atm.L/mol.K}) \times (25+273)\text{K}$$

$$V=73308\text{L der } \text{NH}_3.$$

Massa de NO = 90kg

Volume de NH_3 (1atm, 25°C) = 73308L

8ª QUESTÃO (8 pontos)

a) (3 pontos)

a perda de energia mecânica, em j/kg, total no segundo arranjo de tubos. (3 pontos)

para o primeiro arranjo, aplicando-se a equação de Bernoulli entre os pontos P1 e P2:

-trecho sem bomba: $\eta_p w_s = 0$

-vazão e diâmetro constante: $V_1 = V_2$.

-tubo na horizontal: $z_1 = z_2$.

$$\frac{p_1}{\rho} = \frac{p_2}{\rho} + (\text{perdas})$$

Logo:

$$\frac{p_1}{\rho} - \frac{p_2}{\rho} = (\text{perdas})$$

Assim:

$$\frac{750}{1000} = (\text{perdas}) = \frac{0,75 \text{ j}}{\text{kg}}$$

Ou ainda: $(\text{perdas}) = [0,75 \text{ j/kg}] / [1,5 \text{ m}] = 0,5 \text{ j/kg.m}$

Para o segundo arranjo:

$$\eta_p w_s + \frac{V_1^2}{2} + gz_1 + \frac{p_1}{\rho} = \frac{V_2^2}{2} + gz_2 + \frac{p_2}{\rho} + (\text{perdas})$$

-trecho sem bomba: $\eta_p w_s = 0$

-vazão e diâmetro constantes: $V_1 = V_2$.

-tubo na horizontal: $z_1 = z_2$.

$$\frac{p_1}{\rho} = \frac{p_2}{\rho} + (\text{perdas})$$

Logo:

$$\frac{p_1}{\rho} - \frac{p_2}{\rho} = (\text{perdas})$$

Em que $(\text{perdas}) = (\text{perdas na tubulação}) + (\text{perdas na válvula FV1})$

Para as perdas totais:

$$\frac{5020}{1000} = (\text{perdas}) = \frac{5,02 \text{ j}}{\text{kg}}$$

(perda total no arranjo 2) = 5,02j/kg

b) (3 pontos)

a perda de energia mecânica, em j/kg, na válvula FV1.

$$(\text{perdas no tubo no arranjo 2}) = (\text{perdas no arranjo 1 por unidade de comprimento}) \times L_i$$

Para o trecho L2:

$$(\text{perdas no tubo})_{L2} = \left(\frac{0,5j}{\text{kg. m}} \right) \times 0,8\text{m} = 0,4j/\text{kg}$$

$$(\text{perdas no tubo})_{L3} = \left(\frac{0,5j}{\text{kg. m}} \right) \times 0,7\text{m} = 0,35j/\text{kg}$$

Logo:

$$5,02 = 0,4 + (\text{perdas na válvula FV1}) + 0,35$$

$$(\text{perdas na válvula FV1}) = 4,27j/\text{kg}$$

c) (2 pontos)

o fator de atrito de Fanning, f , para a tubulação.

Do arranjo 1:

$$(\text{perdas}) = \frac{2fLV^2}{D}$$

A velocidade no tubo é:

$$V = \frac{\dot{q}}{A} = \frac{1,8/3600}{\frac{\pi(2,5 \times 10^{-2})^2}{4}} = 1,02\text{m/s}$$

Ou

$$0,75 = \frac{2xf \times 1,5 \times 1,02^2}{2,5 \times 10^2}$$

E obtém-se:

$$f = 0,006$$

9ª QUESTÃO (8 pontos)

O elemento X deve formar um cátion X^{2+} , perdendo os dois elétrons do nível 4s

O elemento Y necessita receber 3 elétrons para completar 8 elétrons no nível 2: Y^{2-} .

O elemento Z deve receber 1 elétron para ficar com 8 elétrons no nível 3: Z^{1-} .

Assim, os compostos são:

Entre X e Y: X_2Y_3 - composto com ligação iônica - o elemento X cede elétrons para o elemento Y.

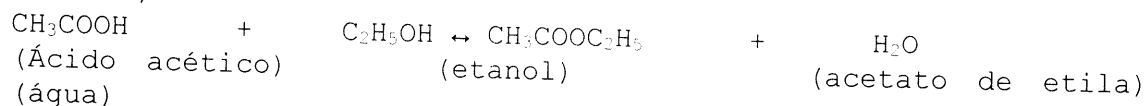
Entre X e Z: XZ_2 - composto com ligação iônica - o elemento cede elétrons para o elemento Z.

Entre Y e Z: YZ_3 - composto covalente - os elementos Y e Z compartilham elétrons entre si.

10ª QUESTÃO (8 pontos)

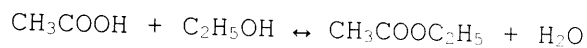
a) (2 pontos)

a reação de esterificação entre ácido acético e álcool etílico (etanol).



b) (6 pontos)

as quantidades, em mols, das substâncias presente no equilíbrio. para a reação:



	CH ₃ COOH	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ COOC ₂ H ₅	H ₂ O
Quantidade inicial, em mols	1 mol	1 mol	Zero	Zero
Quantidade em mols que reagiu e são produzidos	x	x	x	x
Quantidade de mols no equilíbrio	1-x	1-x	x	x
Concentrações em mol/L no equilíbrio	(1-x)/V	(1-x)/V	x/V	x/V

Para a constante de equilíbrio:

$$K_C = \frac{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}$$

Ou:

$$K_C = \frac{x \cdot x}{(1-x) \cdot (1-x)} = 4$$

Cujas soluções são:

$x = 2\text{mols}$ ou $x = 0,66\text{mols}$.

A primeira solução não tem significado físico, já que as quantidades iniciais são de 1mol para cada substância. Portanto, o valor correto é 0,66 mols e assim, ter-se-á no equilíbrio:

	CH ₃ COOH	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ COOC ₂ H ₅	H ₂ O
Quantidades no equilíbrio	0,34mols	0,34mols	0,66mols	0,66mols