



# PROAC / COSEAC - Gabarito

## Prova de Conhecimentos Específicos

### 1ª QUESTÃO: (1,5 ponto)

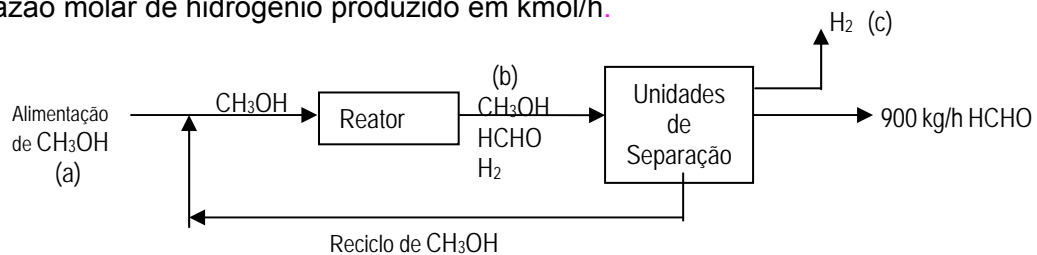


Um reator catalítico é usado para produzir 900 kg/h de formaldeído a partir de metanol, de acordo com a seguinte reação:



Considerando que a conversão do metanol no reator é de 60% e que o metanol não convertido é separado do formaldeído e do hidrogênio, em unidades de separação, e reciclado para o reator, calcule:

- A vazão molar de metanol na alimentação em kmol/h;
- A composição molar do produto na saída do reator;
- A vazão molar de hidrogênio produzido em kmol/h.



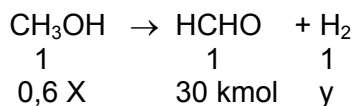
Dados:  $M_C = 12 \text{ kg/kmol}$ ,  $M_H = 1 \text{ kg/kmol}$  e  $M_O = 16 \text{ kg/kmol}$

Cálculos e respostas:

$$M_{\text{HCHO}} = (1 + 12 + 1 + 16) \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} = 30 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$\text{HCHO produzido} = \frac{900 \text{ kg/h}}{30 \text{ kg/kmol}} = 30 \text{ kmol/h}$$

Reação (conversão de 60%) :



$\text{CH}_3\text{OH}$  entra no reator =  $x = 50 \text{ kmol/h}$

$\text{CH}_3\text{OH}$  convertido =  $30 \text{ kmol/h}$

$$(\text{CH}_3\text{OH}) \text{ não convertido} = (\text{CH}_3\text{OH}) \text{ reciclado} = (50 - 30) \frac{\text{kmol}}{\text{h}} = 20 \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$$

Balanço:

$$\left( \begin{array}{c} \text{Alimentação} \\ \text{de Me tanol} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Me tanol que} \\ \text{entra no reator} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{Me tanol} \\ \text{reciclado} \end{array} \right) = (50 - 20) \frac{\text{kmol}}{\text{h}}$$

## PROAC / COSEAC - Gabarito

Cálculos e respostas:

Metanol na alimentação (a) = 30 kmol/h

b) Composição molar na saída do reator

$\text{CH}_3\text{OH} = 20 \text{ kmol/h} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} = 25\% \text{ kmol}$

$\text{HCHO} = 30 \text{ kmol/h} \rightarrow \text{HCHO} = 37,5\% \text{ kmol}$

$\text{H}_2 = 30 \text{ kmol/h} \rightarrow \text{H}_2 = 37,5\% \text{ kmol}$

Total = 80 kmol/h

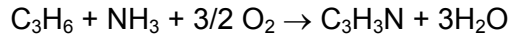
c)  $\text{H}_2$  produzido = HCHO produzido = 30 kmol/h

## PROAC / COSEAC - Gabarito

### 2ª QUESTÃO: (1,5 ponto)



A acrilonitrila é produzida pela reação entre o propileno, a amônia e o oxigênio, de acordo com a seguinte reação:



A composição molar da alimentação é de 10% de propileno, 12% de amônia e o restante, de ar. Tomando como base uma alimentação de 100 kmols/h e considerando uma conversão de 30% do reagente limitante, pergunta-se:

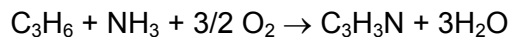
- Qual o reagente limitante?
- Qual a percentagem em excesso dos outros reagentes?
- Qual a vazão mássica de acrilonitrila produzida em kg/h?

Dados:

$M_{\text{C}} = 12 \text{ kg/kmol}$ ,  $M_{\text{H}} = 1 \text{ kg/kmol}$ ,  $M_{\text{N}} = 14 \text{ kg/kmol}$  e  $M_{\text{O}} = 16 \text{ kg/kmol}$

Composição do ar: 21% molar de  $\text{O}_2$  e 79% molar de  $\text{N}_2$

Cálculos e respostas:



1      1      1,5      1      3

Alimentação:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{C}_3\text{H}_6 = 10 \text{ kmol/h} \\ \text{NH}_3 = 12 \text{ kmol/h} \\ \text{ar} = 78 \text{ kmol/h} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{O}_2 = 0,21(78) = 16,4 \text{ kmol/h} \\ \text{N}_2 = 0,79(78) = 61,6 \text{ kmol/h} \end{array} \right.$$

a) Reagente limitante =  $\text{C}_3\text{H}_6$

b) Reagentes em excesso:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{NH}_3 = (12 - 10) \text{ kmol/h} = 2 \text{ kmol/h} \\ \% \text{NH}_3 \text{ excesso} = \frac{2}{10} \times 100 = 20\% \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{O}_2 = (16,4 - 15) \text{ kmol/h} = 1,4 \text{ kmol/h} \\ \% \text{O}_2 \text{ excesso} = \frac{1,4}{15} \times 100 = 9,3\% \end{array} \right.$$

## PROAC / COSEAC - Gabarito

Cálculos e respostas:

$$c) M_{\text{C}_3\text{H}_3\text{N}} = [3(12) + 3 + 14] \text{ kg/kmol} = 53 \text{ kg/kmol}$$

$$\text{C}_3\text{H}_3\text{N produzido} = 0,3 (10) = 3 \text{ kmol/h}$$

$$\text{Vazão mássica} = 3 \frac{\cancel{\text{kmol}}}{\text{h}} \times 53 \frac{\text{kg}}{\cancel{\text{kmol}}} = 159 \text{ kg/h}$$

## PROAC / COSEAC - Gabarito

### 3ª QUESTÃO: (1,0 ponto)



A. Represente as seguintes reações químicas devidamente balanceadas:

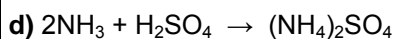
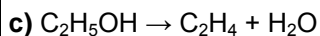
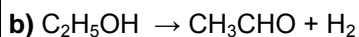
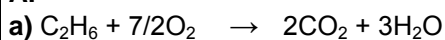
- a) combustão de etano;
- b) desidrogenação do etanol para formar acetaldeído;
- c) desidratação do etanol;
- d) reação da amônia com ácido sulfúrico para formar sulfato de amônia.

B. Torne balanceadas as seguintes equações:

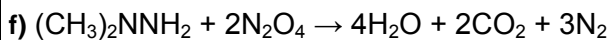
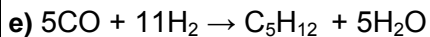
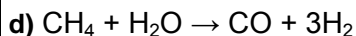
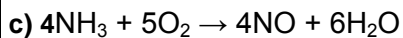
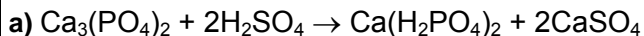
- a)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$
- b)  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- c)  $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- d)  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$
- e)  $\text{CO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_5\text{H}_{12} + \text{H}_2\text{O}$
- f)  $(\text{CH}_3)_2\text{NNH}_2 + \text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{N}_2$

Cálculos e respostas:

A.



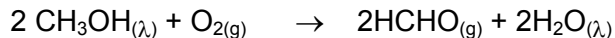
B.



## PROAC / COSEAC - Gabarito

### 4ª QUESTÃO: (1,0 ponto)

Calcule a variação da entalpia padrão de reação,  $\Delta H_r^\circ$ , para a seguinte reação:



Dados: Os seguintes valores são dados para entalpia de formação de alguns compostos.

Composto	$\text{CH}_3\text{OH}_{(\lambda)}$	$\text{HCHO}_{(\text{g})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\lambda)}$
$\Delta H_f^\circ$ , kJ/mol	-238,6	-115,90	-285,84

Cálculos e respostas:

$$\Delta H_R^\circ = 2(\Delta H_f^\circ)_{\text{HCHO}} + 2(\Delta H_f^\circ)_{\text{H}_2\text{O}} - 2(\Delta H_f^\circ)_{\text{CH}_3\text{OH}} - (\Delta H_f^\circ)_{\text{O}_2}$$

$$\Delta H_R^\circ = 2(-115,90) + 2(-285,84) - 2(-238,6) - 0$$

$$\Delta H_R^\circ = -326,28 \text{ KJ}$$

Para cada mol de reagente  $\text{CH}_3\text{OH}$ :

$$\Delta H_R^\circ = \frac{-326,28 \text{ KJ}}{2 \text{ mol}} = -163,14 \text{ KJ/molCH}_3\text{OH}$$

### 5ª QUESTÃO: (1,5 ponto)

## PROAC / COSEAC - Gabarito

Faça um estudo completo da *Curva de Agnesi*, definida por  $f(x) = \frac{1}{1+x^2}$ , apresentando seu domínio, assíntotas, intervalos de crescimento e decrescimento, concavidade e um esboço do seu gráfico.

Cálculos e respostas:

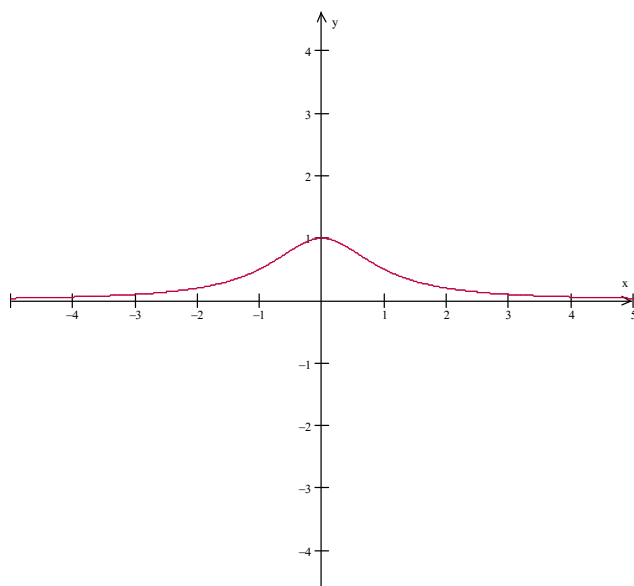
- a. o domínio da função é o conjunto dos Reais (qualquer número real tem imagem pela  $f$ )
- b. não tem assíntotas verticais (domínio Real). Para determinar as assíntotas horizontais será necessário calcular  $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} f(x)$  pois a função é par (ou seja  $f(-x) = f(x)$ ). Portanto:  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{1}{1+x^2} = 0$  e  $y = 0$  é assíntota horizontal.
- c. Para determinar intervalo de crescimento e decrescimento, é necessário analisar o sinal da derivada da função. Assim,  $f(x) = \frac{1}{1+x^2} \Rightarrow f'(x) = \frac{-2x}{(1+x^2)^2}$ . Como o denominador é sempre maior que zero, o que definirá o sinal de  $f$  será o numerador. Portanto, para  $x < 0$  a derivada é positiva, logo a função é crescente e para  $x > 0$  a derivada é negativa, logo a função é decrescente. O ponto de abscissa  $x = 0$  é um ponto de máximo local.
- d. Para analisar a concavidade do gráfico, é necessário estudar-se o sinal da derivada segunda de  $f$ . Assim,  $f'(x) = \frac{-2x}{(1+x^2)^2} \Rightarrow f''(x) = \frac{-2+6x^2}{(1+x^2)^3}$ . O denominador será sempre positivo. Devemos pois, analisar o sinal do numerador. Como é uma função quadrática, será positiva se  $x < -\frac{\sqrt{3}}{3}$ , logo terá concavidade voltada para cima para  $x \in \left(-\infty, -\frac{\sqrt{3}}{3}\right)$ , será negativa se  $-\frac{\sqrt{3}}{3} < x < \frac{\sqrt{3}}{3}$ , ou seja, terá concavidade voltada para baixo se  $x \in \left(-\frac{\sqrt{3}}{3}, \frac{\sqrt{3}}{3}\right)$  e será positiva se  $x > \frac{\sqrt{3}}{3}$ , ou seja, terá concavidade voltada para cima se  $x \in \left(\frac{\sqrt{3}}{3}, +\infty\right)$ .

Cálculos e respostas:



**PROAC / COSEAC - Gabarito**

e.



**6ª QUESTÃO: (1,0 ponto)**

--	--

## PROAC / COSEAC - Gabarito

Considere a função  $f$  definida por  $\int_0^{\infty} \frac{e^{-t+x} \operatorname{sen} x}{x} dx$ . Calcule sua derivada.

Cálculos e respostas:

A função  $f$  definida por  $\int_0^{\infty} \frac{e^{-t+x} \operatorname{sen} x}{x} dx$  é uma função de  $t$ . Assim, sua derivada será

$$f(t) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-t+x} \operatorname{sen} x}{x} dx = \int_0^{\infty} \frac{e^{-t} \cdot e^x \operatorname{sen} x}{x} dx = e^{-t} \cdot \int_0^{\infty} \frac{e^x \operatorname{sen} x}{x} dx. \quad \text{Portanto,}$$
$$f'(t) = -e^{-t} \cdot \int_0^{\infty} \frac{e^x \operatorname{sen} x}{x} dx = -f(t).$$

**7ª QUESTÃO:** (1,5 ponto)

--	--

## PROAC / COSEAC - Gabarito

Resolva:  $\frac{dy}{dx} = \frac{3x^2 + y}{4y - x}$ .

Cálculos e respostas:

Rearrmando a equação temos:  $\frac{dy}{dx} = \frac{3x^2 + y}{4y - x} \Rightarrow (3x^2 + y)dx + (x - 4y)dy = 0$  que é do tipo  $M(x,y) dx + N(x,y) dy = 0$ . Como,  $\frac{\partial M}{\partial y} = 1 = \frac{\partial N}{\partial x}$  a equação é diferencial exata.

Resolvendo, temos  $F = \int (3x^2 + y)dx + \varphi(y) = x^3 + xy + \varphi(y)$ . Por outro lado,  $\frac{\partial F}{\partial y} = N$ .

Portanto,  $F = x^3 + xy + \varphi(y) \Rightarrow \frac{\partial F}{\partial y} = x + \varphi'(y) = x - 4y \Rightarrow \varphi'(y) = -4y \Rightarrow \varphi(y) = -2y^2$ .

Logo,  $F = x^3 + xy - 2y^2$  e a solução da equação é  $x^3 + xy - 2y^2 = 0$

## PROAC / COSEAC - Gabarito

### 8ª QUESTÃO: (1,0 ponto)



Calcule o divergente e o rotacional do campo vetorial  $\mathbf{W}(x, y, z) = (x - yz, xz, xyz)$

- a) num ponto qualquer;  
b) no ponto  $\mathbf{R}(4, -2, -1)$ .

Cálculos e respostas:

a) Como o divergente de um campo vetorial  $\mathbf{W}=(P,Q,R)$  é dado por

$$\nabla \cdot \mathbf{W} = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} + \frac{\partial R}{\partial z} \text{ e o rotacional, por } \nabla \times \mathbf{W} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ P & Q & R \end{vmatrix}, \text{ temos que}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{W} = \frac{\partial(x - yz)}{\partial x} + \frac{\partial(xz)}{\partial y} + \frac{\partial(xyz)}{\partial z} = 1 + 0 + xy \text{ e}$$

$$\nabla \times \mathbf{W} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ x - yz & xz & xyz \end{vmatrix} = (xz - x)\mathbf{i} - (yz + y)\mathbf{j} + (z + y)\mathbf{k}$$

- b) No ponto  $\mathbf{R}(4, -2, -1)$ , temos  $\nabla \cdot \mathbf{W}(4, -2, -1) = 1 + 4 \cdot (-2) = -7$  e  
 $\nabla \times \mathbf{W}(4, -2, -1) = (4 \cdot (-1) - 4)\mathbf{i} - ((-2) \cdot (-1) + (-2))\mathbf{j} + ((-1) + (-2))\mathbf{k} = -8\mathbf{i} - 3\mathbf{k}$