



Dados:

Massas atômicas (u.m.a)	O	C	H	N	Zn
	16	12	1	14	65,4

$$\ln 2 = 0,69$$

$$\text{Lei de decaimento radioativo: } N = N_0 e^{-kt}$$

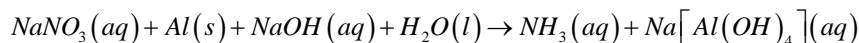
$$\text{Constante criométrica da água} = 2K \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Massa específica da água} = 1,0 \text{ g/mL}$$

$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$$

## ▶ Questão 01

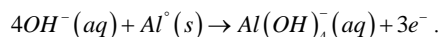
O alumínio é o metal mais empregado pelo homem depois do ferro. É o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre (8,29% em massa) e não existe naturalmente na forma livre, sendo o minério silico-aluminato seu composto natural mais importante. Apresenta propriedade anfotérica, isto é, reage tanto com ácidos quanto com bases. Partindo da equação apresentada abaixo, responda o que se pede:



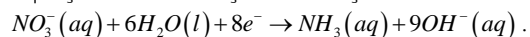
- A equação da semi-reação de oxidação iônica balanceada (carga e massa) com os menores coeficientes inteiros possíveis.
- A equação da semi-reação de redução iônica balanceada (carga e massa) com os menores coeficientes inteiros possíveis.
- A equação total balanceada (carga e massa) com os menores coeficientes inteiros possíveis.
- O íon oxidante.
- A fórmula do redutor.
- O nome da espécie resultante da oxidação.
- A classificação, segundo o conceito de ácido e base de Lewis, da espécie resultante da redução.

### Resolução:

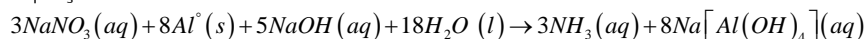
a) Equação da semi-reação de oxidação:



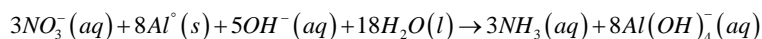
b) Equação da semi-reação de redução:



c) Equação total:



Desprezando os íons espectadores ( $Na^+$ ), tem-se:

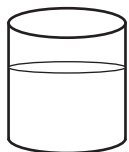
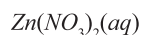


- d) Íon oxidante:  $NO_3^-$ .  
e) Redutor:  $Al$ .  
f) Tetra-hidroxi-aluminato de sódio.  
g)  $NH_3$ : base de Lewis.

### ▶ Questão 02

Calcule a massa de 1 L de uma solução aquosa de nitrato de zinco cuja concentração é expressa por 0,643 molar e por 0,653 molal.

#### Resolução:



$$\begin{aligned} \eta &= 0,643 \text{ molar} \\ W &= 0,653 \text{ molal} \\ M_1 &= 189,4 \text{ g/mol} \\ m &=? \end{aligned}$$

i) Cálculo da massa do soluto ( $m_1$ ):

$$\eta = \frac{m_1}{M_1 \cdot V}, \quad 0,643 = \frac{m_1}{189,4 \cdot 1} \therefore m_1 = 121,784 \text{ g}$$

ii) Cálculo da massa do solvente ( $m_2$ ):

$$\eta = \frac{n_1}{V}, \quad W = \frac{n_1}{m_2(\text{kg})} \therefore W \cdot m_2 = \eta \cdot V$$

$$0,653 \cdot m_2 = 0,643 \cdot 1$$

$$m_2 = 0,984686 \text{ kg ou } 984,686 \text{ g}$$

Cálculo da massa da solução ( $m$ ):

$$m = m_1 + m_2$$

$$m = 121,784 \text{ g} + 984,686 \text{ g} \therefore m = 1.106,470 \text{ g}$$

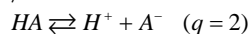
### ▶ Questão 03

Deseja-se preparar uma solução com pH igual a 3,0 a partir de 1,0 L de solução aquosa de um ácido monoprótico não-volátil desconhecido, a qual possui pH igual a 2,0 e ponto de congelamento de  $-0,2^\circ\text{C}$ . Considere o experimento realizado ao nível do mar e os valores numéricos das molalidades iguais aos das respectivas molaridades. Desprezando as interações iônicas nas soluções, determine o volume de água que deve ser adicionado à solução inicial.

#### Resolução:

h) Cálculo do  $i$  (fator de Van't Hoff) do ácido monoprótico (HA).

i)



$$i = 1 + \alpha(q - 1)$$

$$i = 1 + \alpha(2 - 1) \therefore i = 1 + \alpha$$

ii) Cálculo da molalidade ( $W$ )

$$\Delta T = 0,2 \text{ K}, \quad K_c = 2 \text{ K} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}, \quad i = 1 + \alpha$$

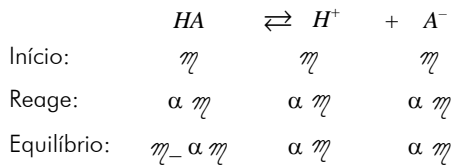
$$\Delta T = K_c \cdot W \cdot i$$

$$0,2 = 2 \cdot W \cdot (1 + \alpha) \therefore W = \frac{0,1}{1 + \alpha}$$

iii) Considerando que a molalidade seja igual a molaridade, temos:

$$\eta = W = \frac{0,1}{1 + \alpha}$$

iv) Cálculo de  $\alpha \cdot \eta$  e da constante de equilíbrio do ácido na solução inicial:



$$pH = 2 \Rightarrow [H^+] = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[H^+] = \alpha \eta = 10^{-2}$$

$$\alpha \cdot \frac{0,1}{1 + \alpha} = 10^{-2}$$

$$0,1\alpha = 10^{-2} + 10^{-2}\alpha$$

$$\alpha = 0,11$$

Cálculo da molaridade ( $\eta$ )

$$\alpha \eta = 10^{-2}$$

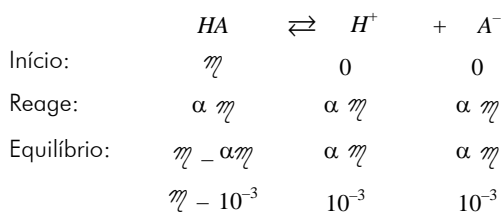
$$0,11 \cdot \eta = 0,01 \quad \therefore \eta = 0,09 \text{ mol/L}$$

Constante de equilíbrio -  $K_i$

$$K_i = \frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]}$$

$$K_i = \frac{(10^{-2})(10^{-2})}{0,09 - 0,01} \approx \frac{10^{-4}}{0,08} \approx 1,25 \cdot 10^{-3}$$

v) Cálculo da concentração molar após a diluição:



$$pH = 3 \Rightarrow [H^+] = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[H^+] = \alpha \eta = 10^{-3}$$

$$K_i = \frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]}$$

$$1,25 \cdot 10^{-3} = \frac{10^{-3} \cdot 10^{-3}}{\eta - 10^{-3}} \quad \therefore \eta = 1,8 \cdot 10^{-3}$$

vi) Diluição (Volume inicial = 1,0 L)

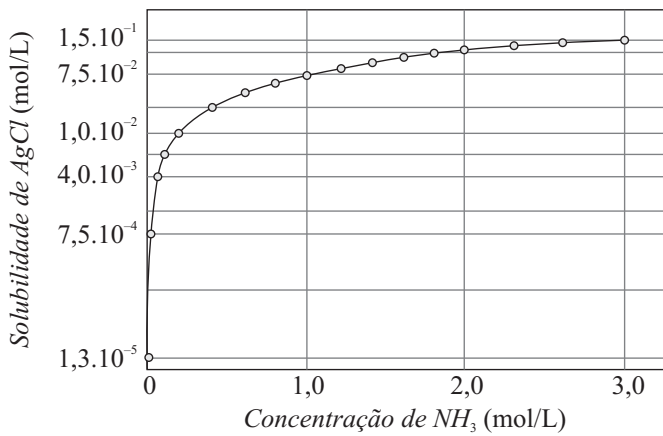
$$\eta_1 \cdot V_1 = \eta_2 \cdot V_2$$

$$0,09 \cdot (1) = 1,8 \cdot 10^{-3} (V_2) \quad \therefore V_2 = 50 \text{ L}$$

$$V_{H_2O} = 50 - 1 \quad \therefore V_{H_2O} = 49 \text{ L}$$

#### ▶ Questão 04

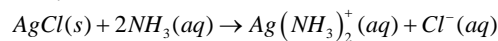
O gráfico abaixo representa a solubilidade do  $AgCl$  em solução de amônia. A uma solução 3 M de amônia, adiciona-se cloreto de prata em excesso, formando o complexo  $[Ag(NH_3)_2]^+$ . Desprezando a formação de hidróxido de prata e considerando que todo o experimento é realizado a 25 °C, mesma temperatura na qual os dados do gráfico foram obtidos, calcule a concentração de  $Ag^+$  em solução.



### Resolução:

Há 2 processos concomitantes: a complexação com amônia e a solubilidade em água.

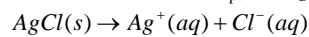
Complexação:



Como a solubilidade do AgCl em solução 3 mol/L de amônia é de 0,15 mol/L, as concentrações molares são:

$$[Ag(NH_3)_2^+] = [Cl^-] = 0,15 \text{ mol/L}$$

Podemos calcular o  $K_{ps}$  do AgCl em solução aquosa (solução 0 mol/L de amônia).



$$K_{ps} = [Ag^+] \cdot [Cl^-] = (1,3 \cdot 10^{-5})^2 = 1,69 \cdot 10^{-10}$$

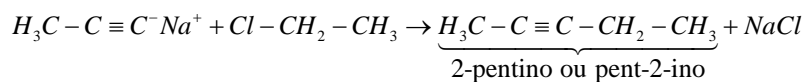
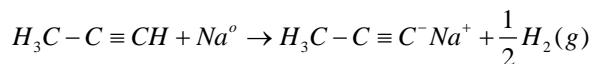
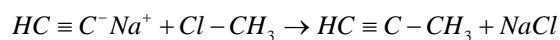
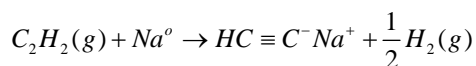
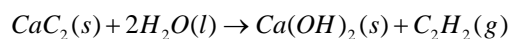
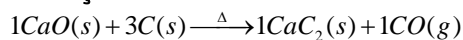
Assim,  $[Ag^+]$  no meio aquoso é dada por:

$$[Ag^+] = \frac{K_{ps}}{[Cl^-]} = \frac{1,69 \cdot 10^{-10}}{0,15} = 1,13 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$$

### ▶ Questão 05

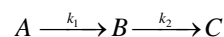
Apresente uma sequência de reações para a obtenção do 2-pentino a partir dos seguintes reagentes: carvão, óxido de cálcio, água, cloreto de metila, cloreto de etila e sódio metálico. Considere que as etapas se processem sob as condições adequadas de temperatura e pressão.

### Resolução:

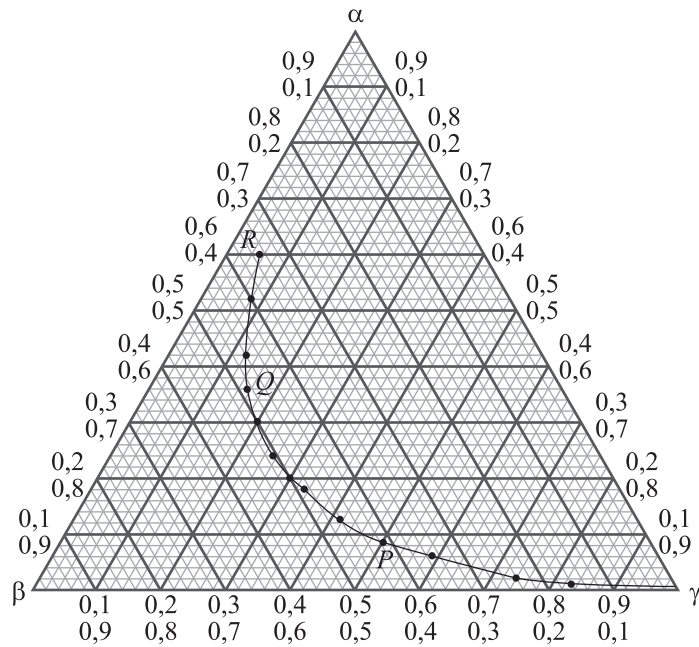


### ▶ Questão 06

Considere a seguinte série de reações a volume constante, partindo de 2 mol/L da substância A pura, na qual cada reação segue a cinética de 1ª ordem, semelhante à encontrada nas reações de decaimento radioativo, sendo  $k_1$  e  $k_2$  as constantes de velocidade.



A fração molar das espécies ao longo da reação está representada pela curva  $\gamma PQR$  no diagrama abaixo, no qual cada vértice representa um componente puro e o lado oposto a este vértice representa a ausência deste mesmo componente, de tal forma que as paralelas aos lados fornecem as diferentes frações molares de cada um. No diagrama, as substâncias A, B e C estão identificadas como  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $\gamma$ , mas não necessariamente nesta ordem.



Sabe-se que o ponto  $P$  é atingido após 1,15 horas do início do processo e que o tempo necessário para atingir a concentração máxima de  $B$  é dada por

$$t = \frac{\ln(k_1/k_2)}{k_1 - k_2}$$

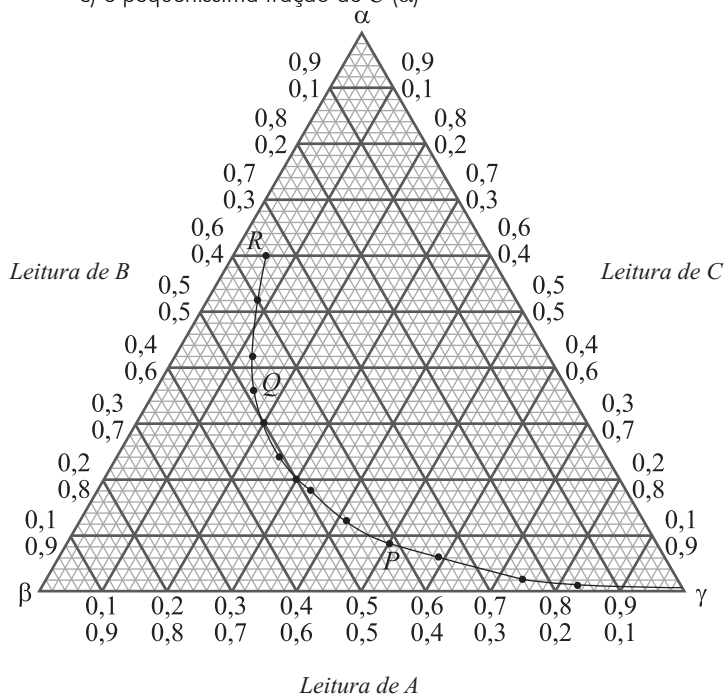
Determine a velocidade de formação do produto  $C$  quando a concentração deste for  $7/2$  da concentração de  $A$ .

(Observação:  $x = 0,3$  é raiz da equação  $x = 0,6e^{-1,38+2,3x}$ ).

### Resolução:

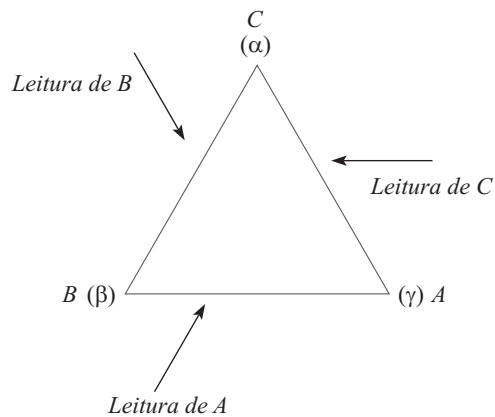
Identificando os compostos  $A$ ,  $B$  e  $C$ .

- No início a fração molar igual a 1 é do composto  $A$  (identificado por  $\gamma$ )
- Logo após o início há:
  - a) ainda elevada fração molar de  $A$  ( $\gamma$ )
  - b) uma pequena fração molar de  $B$  ( $\beta$ )
  - c) e pequeníssima fração de  $C$  ( $\alpha$ )



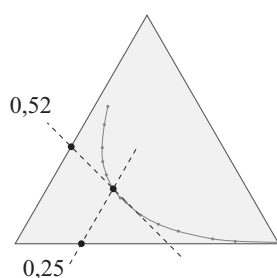
2) Determinação da meia-vida e da constante  $k_1$ .

Meia-vida – Tempo para reagir a metade da amostra  $(t_{1/2})$ , que exatamente no ponto  $P$ .



Cálculo da constante  $k_1$ :  $k_1 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,69}{1,15} = 0,6 h^{-1}$

3) Determinação do tempo para atingir "B" máximo e  $k_2$   
 Graficamente, determina-se B máximo



Quando  $B$  é máximo, a fração molar de  $A$  é 0,25.  
 Então o tempo decorrido para  $A$  chegar a 0,25 é:

$$x_A = (1) \cdot e^{-k_1 t} \Rightarrow 0,25 = e^{-0,6t} \Rightarrow \frac{1}{4} = e^{-0,6t}$$

$$\frac{1}{2^2} = e^{-0,6t} \Rightarrow 2^{-2} = e^{-0,6t}$$

$$\ln 2^{-2} = -0,6t \Rightarrow -2(0,69) = 0,6t \Rightarrow t = 2,3h$$

Este é o tempo no qual a concentração de  $B$  é máximo. Através da equação dada, calcula-se  $k_2$ .

$$t = \frac{\ln(k_1/k_2)}{k_1 - k_2} \Rightarrow 2,3 = \frac{\ln 0,6/k_2}{0,6 - k_2}$$

$$2,3(0,6 - k_2) = \ln 0,6/k_2$$

$$1,38 - 2,3k_2 = \ln 0,6/k_2$$

$$e^{1,38 - 2,3k_2} = \frac{0,6}{k_2}$$

$$\frac{k_2}{0,6} = e^{-1,38 + 2,3k_2} \Rightarrow k_2 = 0,6 \cdot e^{-1,38 + 2,3k_2}$$

De acordo com o dado da prova ( $x = 0,6e^{-1,38 + 2,3x}$ ) conclui-se que  $k_2 = 0,3 h^{-1}$ .

4) Cálculo da velocidade de formação de  $C$  equivale a decomposição de  $B$ , cuja velocidade de primeira ordem é dada por:  
 $v = k \cdot n$

5) Determinação da função molar de  $B$  quando a concentração de  $C = \frac{7}{2}A$ .

Do gráfico corresponde ao ponto um pouco acima de  $Q$ .

$$\frac{x_C}{x_A} = \frac{0,42}{0,12} = 3,5 = \frac{7}{2}$$

- Cálculo do número de mols de  $B$  por litro

$$x_B = \frac{n_B}{n_T} \Rightarrow 0,46 = \frac{n_B}{2} \therefore n_B = 0,92 \text{ mol/L}$$

- Velocidade de formação de C

$$v = k_2 \cdot n \Rightarrow v = (0,3) \cdot (0,92) \Rightarrow v = 0,276 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$$

### ▶ Questão 07

A transformação isovolumétrica de um gás triatômico hipotético  $A_3$  em outro diatômico  $A_2$  envolve a liberação de 54 kJ/mol de  $A_3$ . A capacidade calorífica molar a volume constante do gás  $A_2$  é de 30 J/mol·K. Após a transformação isocórica de todo  $A_3$  em  $A_2$ , determine o aumento percentual de pressão em um recipiente isolado contendo o gás  $A_3$  a 27 °C.

Considere que a capacidade calorífica molar a volume constante do gás  $A_2$  não varia com a temperatura e que os gases se comportam idealmente.

#### Resolução:

A volume constante, temos:  $A_3(g) \rightarrow \frac{3}{2}A_2(g) \quad \Delta H = 54 \text{ kJ/mol}$

Cálculo da variação de temperatura:

$$Q = n C_v \Delta\theta \quad \therefore 54 \cdot 10^3 = \frac{3}{2} \cdot 30 \cdot \Delta\theta \quad \therefore \Delta\theta = 1200 \text{ K}$$

Logo, temperatura final é  $\theta_f - \theta_i = 1200 \quad \therefore \theta_f = 1500 \text{ K}$

Relação entre pressão final e inicial.

$$\begin{aligned} P_f V &= n_f \cdot R \cdot T_f & P_f &= \frac{3}{2} \left( \frac{R}{V} \right) 1500 \\ &\therefore & \therefore & \frac{P_f}{P_i} = 7,5 \\ P_i V &= n_i \cdot R \cdot T_i & P_i &= \left( \frac{R}{V} \right) 300 \end{aligned}$$

Aumento absoluto e percentual da pressão

$$P_f = 7,5P_i \quad \therefore 7,5P_i - P_i = 6,5P_i \text{ (aumento absoluto)}$$

Aumento relativo percentual

$$\frac{\Delta P}{P} \cdot 100 \quad \therefore \frac{6,5P_i}{P_i} \cdot 100\% = 650\%$$

### ▶ Questão 08

Uma dada massa de óxido ferroso é aquecida a 1273 K e, em seguida, exposta a uma mistura gasosa de monóxido de carbono e hidrogênio. Desta forma, o óxido é reduzido a metal sem qualquer fornecimento adicional de energia. Admita que ocorra uma perda de calor para as circunvizinhanças de 4,2 kJ/mol de óxido reduzido. Calcule a razão mínima entre as pressões parciais de monóxido de carbono e de hidrogênio ( $p_{CO}/p_{H_2}$ ) na mistura gasosa inicial, de modo que o processo seja auto-sustentável. Despreze a decomposição da água.

Calores de reação a 1273 K (kJ/mol):	
Redução do óxido ferroso	265
Oxidação do hidrogênio	-250
Oxidação do monóxido de carbono	-282

#### Resolução:

Na reação  $FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$ ,  $\Delta H = +265 - 250 = +15 \text{ kJ/mol}$ , e há uma perda de 4,2 kJ/mol para as circunvizinhanças. Assim, por mol de  $FeO$  reduzido (e logo por mol de  $H_2$  oxidado) há uma perda total de 19,2 kJ.

Na reação  $FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$ ,  $\Delta H = +265 - 282 = -17 \text{ kJ/mol}$ , e há uma perda de 4,2 kJ/mol para as circunvizinhanças. Assim, por mol de  $FeO$  reduzido (e logo por mol de  $CO$  oxidado) há uma liberação 12,8 kJ.

Para auto-sustentabilidade, a liberação tem que, pelo menos, igualar a perda.

$$n_{(H_2)} \cdot 19,2 = n_{(CO)} \cdot 12,8 \quad \therefore \frac{n_{(CO)}}{n_{(H_2)}} = \frac{19,2}{12,8} = 1,50$$

Esta é, também, a razão entre as pressões parciais:

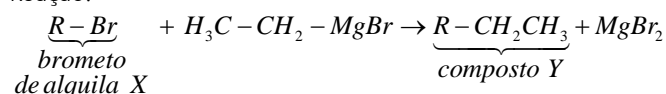
$$\frac{P_{(CO)}}{P_{(H_2)}} = 1,50$$

**Questão 09**

O brometo de alquila  $X$ , opticamente ativo, é tratado com brometo de etil-magnésio, gerando-se o composto  $Y$ . A  $100^\circ\text{C}$ ,  $8,4\text{ g}$  de  $Y$  no estado gasoso são misturados com  $6,4\text{ g}$  de  $\text{N}_2$  em um recipiente com volume de  $2,0$  litros. A pressão medida no interior do recipiente é de  $5,0\text{ atm}$ . Considerando que os gases se comportam idealmente, determine as fórmulas estruturais planas e a nomenclatura IUPAC dos compostos  $X$  e  $Y$ . Justifique a sua solução.

**Resolução:**

Reação:



Dados para o composto  $Y$  e  $\text{N}_2$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 373\text{ K} \\ P = 5\text{ atm} \\ V = 2\text{ L} \\ R = 0,082\text{ atm}\cdot\text{L} / \text{mol}\cdot\text{K} \end{array} \right.$$

Cálculo da quantidade total de matéria ( $n_T$ ):

$$PV = n_T RT \quad \therefore 5 \cdot 2 = n_T \cdot 0,082 \cdot 373 \quad \therefore \underline{n_T = 0,327\text{ mol}}$$

Cálculo do  $n_Y$ :

$$n_T = n_{\text{N}_2} + n_Y \quad \therefore 0,327 = \left(\frac{6,4}{28}\right) + n_Y \quad \therefore \underline{n_Y = 0,098\text{ mol}}$$

Logo:  $n_Y = \frac{m_Y}{M_Y} \quad \therefore 0,1 = \frac{8,4}{M_Y} \quad \therefore \underline{M_Y \cong 86\text{ g/mol}}$

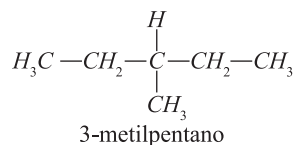
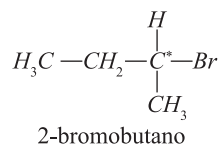
Cálculo da massa molar de  $R$ .

$$R + 29 = 84 \quad \therefore \underline{R = 57\text{ g/mol}}$$

Para que  $n$  seja inteiro, temos:

$$\text{C}_n\text{H}_{2n+1} = 57 \quad \therefore 14n + 1 = 57 \quad \therefore \underline{n = 4}$$

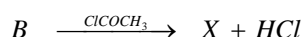
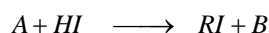
Portanto, trata-se de um brometo de alquila opticamente ativo.



Observação: Dependendo do arredondamento considerado nas etapas anteriores, podemos ter outras respostas.

**Questão 10**

A substância  $X$ , que pode ser obtida através da sequência de reações dada abaixo (onde  $R$  indica genericamente um grupo alquila), é constituída pelos elementos  $C$ ,  $H$  e  $O$ .



Uma amostra de  $50,00\text{ g}$  de  $X$  sofre combustão completa, produzindo  $123,94\text{ g}$  de  $\text{CO}_2$  e  $44,37\text{ g}$  de  $\text{H}_2\text{O}$ . Com base nas informações acima determine:

- A fórmula mínima da substância  $X$ .
- A fórmula molecular da substância  $X$ , sabendo-se que a sua massa molar é de  $142,00\text{ g/mol}$ .
- A fórmula estrutural plana da substância  $X$ , sabendo-se que, ao sofrer hidrólise ácida, esta molécula produz ácido acético e um álcool saturado que não possui átomos de carbono terciários ou quaternários.
- A fórmula estrutural plana do composto  $B$ .



E) A qual função orgânica pertence o reagente A.

**Resolução:**

a) Cálculo da massa de C em X:



$$44g \quad \text{-----} \quad 12g$$

$$123,94g \quad \text{-----} \quad x$$

$$x = 33,80g$$

Cálculo da massa de H em X:



$$18g \quad \text{-----} \quad 2g$$

$$44,37g \quad \text{-----} \quad x$$

$$y = 4,93g$$

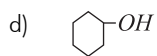
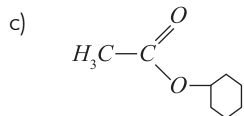
Obtenção da fórmula mínima:

$$\left. \begin{aligned} C &= \frac{33,80}{12} = \frac{2,82}{0,7} = 4 \\ H &= \frac{4,93}{1} = \frac{4,93}{0,7} = 7 \\ O &= \frac{11,27}{16} = \frac{0,7}{0,7} = 1 \end{aligned} \right\} C_4H_7O$$

$$b) n = \frac{(M) \text{ Fórmula molecular}}{(M) \text{ Fórmula mínima}}$$

$$n = \frac{142}{71} \Rightarrow n = 2$$

Fórmula molecular:  $C_8H_{14}O_2$



e) Éter

**Professores:**

Adair  
Dalton Franco  
Everton Menezes  
João Neto  
Nelson Santos  
Thé

**Colaboradores**

Aline Alkmin  
Henrique  
José Diogo  
Paula Esperidião  
Raquel Guissoni

**Digitação e Diagramação**

Lucas Alves  
Valdivina Pinheiro  
Vinícius Ribeiro

**Desenhistas**

Arthur Vitorino  
Mariana Fiusa  
Rodrigo Ramos

**Projeto Gráfico**

Mariana Fiusa  
Vinicius Ribeiro

**Supervisão Editorial**

Dalton Franco

**Copyright©Olimpo2009**

A **Resolução Comentada** das provas do IME poderá ser obtida diretamente no

**OLIMPO** Pré-Vestibular, ou pelo telefone **(62) 3637-4185**

**As escolhas que você fez nessa prova, assim como outras escolhas na vida, dependem de conhecimentos, competências, conhecimentos e habilidades específicos. Esteja preparado.**

**[www.grupoolimpo.com.br](http://www.grupoolimpo.com.br)**



