

## FOLHA DE DADOS

1. Massas atômicas aproximadas de alguns elementos:

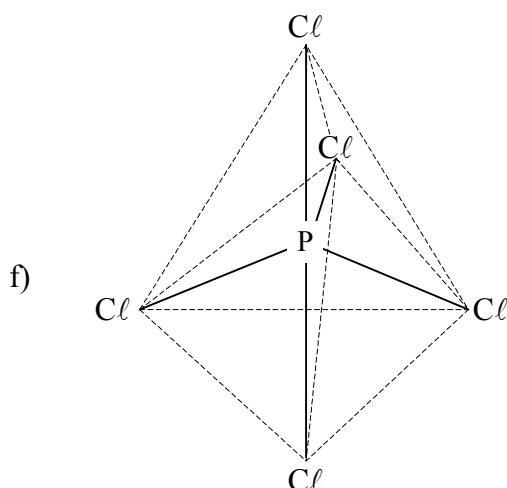
| Elemento | Massa atômica (u.m.a.) |
|----------|------------------------|
| H        | 1,00                   |
| C        | 12,00                  |
| N        | 14,00                  |
| O        | 16,00                  |
| S        | 32,00                  |
| Ca       | 40,00                  |
| Pb       | 207                    |

2. Outras informações
- $1 \text{ F} = 9,65 \times 10^4 \text{ C}$   
 $R = 8,31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)} = 0,0821 \text{ atm}\cdot\text{L/(mol}\cdot\text{K)}$   
 $1 \text{ Ci} = 3,70 \times 10^{10} \text{ Bq}$

1. Um composto de fórmula molecular  $\text{AB}_5$  é constituído por elementos que pertencem ao mesmo período de um determinado gás nobre. Tal gás nobre apresenta a mesma distribuição eletrônica que um íon de um dado nuclídeo  $\text{X}$ . Sabe-se ainda que o nuclídeo  $\text{X}$  contém 21 prótons, 21 elétrons e 24 nêutrons.
- O elemento  $\text{A}$  é não-metálico e não pertence ao grupo dos calcogênios. Nas CNTP,  $\text{A}$  encontra-se no estado sólido e  $\text{B}$  existe como molécula diatômica.
- Responda e justifique:
- a que período os elementos  $\text{A}$  e  $\text{B}$  pertencem?
  - qual é a carga do íon do nuclídeo  $\text{X}$ ?
  - o composto  $\text{AB}_5$  é covalente ou iônico?
  - os elementos  $\text{A}$  e  $\text{B}$  pertencem a quais grupos ou famílias?
  - qual é o nome do composto  $\text{AB}_5$ ?
  - qual é a forma geométrica do composto  $\text{AB}_5$ , considerando o modelo de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência?
  - quais são os orbitais híbridos necessários ao elemento  $\text{A}$  para acomodar os pares de elétrons no arranjo geométrico do item anterior?

## Resolução

- O nuclídeo  ${}_{21}\text{X}$  tem distribuição eletrônica  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$ .  
Um dos seus cátions  $(\text{X}^{3+})$  tem a configuração do gás nobre argônio  $(1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6)$ .  
Logo, A e B pertencem ao terceiro período (o mesmo do argônio).
- A carga do cátion é  $3+$ , conforme o item (a).
- Como A e B são não-metálicos, o composto  $\text{AB}_5$  é covalente.
- Como A é sólido e não pertence ao grupo 16, e B forma molécula diatômica, então A pertence ao grupo 15 (elemento fósforo) e B ao grupo 17 (elemento cloro).
- Pentacloreto de fósforo  $(\text{PCl}_5)$ .



geometria molecular: Bipiramidal

- g) Como a geometria dos pares de elétrons é bipiramidal, o átomo de fósforo utiliza, nas ligações sigma, orbitais híbridos  $sp^3d$ .

- 2.** Um determinado metal forma dois óxidos distintos, nos quais as percentagens em massa de oxigênio são 32,0% e 44,0%. Determine a massa atômica do metal.

### Resolução

Aplicando a lei de Dalton para os dois óxidos, temos:

1º óxido: Em 68 g de M : 32 g de O

2º óxido: Em 56 g de M : 44 g de O

Para o 2º óxido: 56 g de M : 44 g de O  
 $x : 32 \text{ g de O} \Rightarrow x = 40,73 \text{ g de M}$

Portanto, em 32 g O —  $\begin{cases} \xrightarrow{1^\circ} 68 \text{ g de M} \\ \xrightarrow{2^\circ} 40,73 \text{ g de M} \end{cases}$

Isso representa uma proporção de números inteiros de 5:3, respectivamente.

Logo, teríamos para o 1º e 2º óxidos, respectivamente:

1º)  $M_5O_3$

2º)  $M_3O_5$

Como o nox do oxigênio não admite estas fórmulas, inverte-se a proporção de massa, mantendo M fixo em vez de O:

1º)  $M_xO_3$

2º)  $M_xO_5$

Sabendo que o nox do oxigênio é 2–, as fórmulas podem ser escritas como:

1º)  $M_2O_3$

2º)  $M_2O_5$

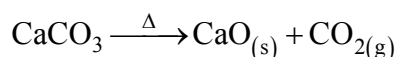
Se em  $M_2O_3$  a massa molecular é dada por  $2(MA)_M + 48$ , temos:

$$\% \text{ oxigênio} = \frac{32}{100} = \frac{48}{2(MA)_M + 48} \Rightarrow 300 = 4(MA)_M + 96 \Rightarrow (MA)_M = 51 \text{ u}$$

3. O gás obtido pela completa decomposição térmica de uma amostra de carbonato de cálcio com 50,0% de pureza é recolhido em um recipiente de 300 mL a 27,0 °C. Sabendo-se que a pressão no recipiente é de 1,66 MPa, determine:
- a) a massa de gás produzido, admitindo que seu comportamento seja ideal;
  - b) a massa da amostra utilizada.

## Resolução

- a) Equacionando a decomposição térmica, temos:



O gás liberado é o  $\text{CO}_2$ , e, pela equação de Clapeyron, obtém-se a massa do gás:

$$PV = nRT \Rightarrow 1,66 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}} \cdot 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 300 \text{ K}$$

$$\therefore 1,66 \cdot 10^3 \cdot 0,3 = \frac{m_{\text{CO}_2}}{44} \cdot 8,31 \cdot 300 \Rightarrow \boxed{m_{\text{CO}_2} = 8,79 \text{ g}}$$

- b) Pela proporção estequiométrica, temos:

$$1 \text{ mol CaCO}_3 : 1 \text{ mol CO}_2$$

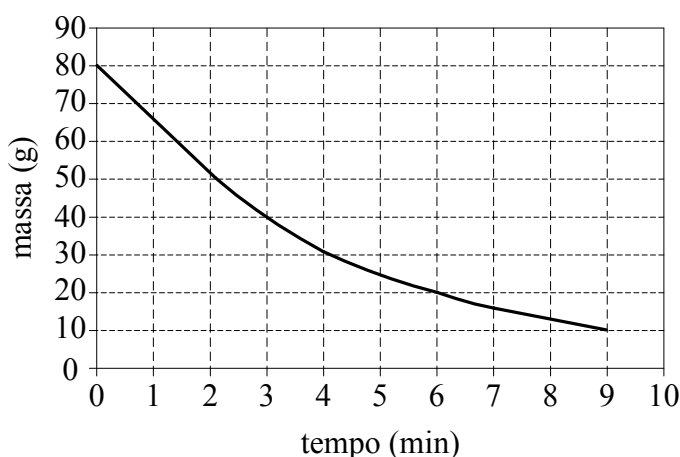
$$100 \text{ g CaCO}_3 : 44 \text{ g CO}_2$$

$$m_{\text{CaCO}_3} : 8,79 \text{ g CO}_2 \Rightarrow m_{\text{CaCO}_3} \cong 20 \text{ g}$$

Como a amostra tem 50% de pureza, para que se tenha 20 g de  $\text{CaCO}_3$ , deve-se ter 40 g da amostra.

$$\boxed{m_{\text{amostra}} = 40 \text{ g}}$$

4. Uma amostra de um determinado elemento Y tem seu decaimento radioativo representado pelo gráfico a seguir:



Determine o número de átomos não desintegrados quando a atividade do material radioativo for igual a 2,50  $\mu\text{Ci}$ .

**Resolução**

As desintegrações radioativas são fenômenos de primeira ordem.

Portanto,  $v = k \cdot [Y]^1$ , em que  $v$  é dado em  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $k$  é dado em  $\text{s}^{-1}$  e  $[Y]$  é a molaridade de átomos não desintegrados.

Porém, se essa velocidade é dada em número de átomos desintegrados por segundo, então é chamada atividade radioativa e é dada em Bq (desintegrações/s). Logo:  $A = k \cdot N$  (I)

Do gráfico,  $t_{1/2} = 3 \text{ min} = 180 \text{ s}$ . Como  $k \cdot t_{1/2} = \ln 2 \Rightarrow k \cdot 180 = \ln 2 \Rightarrow k = \frac{\ln 2}{180}$ .

$$\begin{aligned} 1 \text{ Ci} &: 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \\ 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Ci} &: A \end{aligned} \Rightarrow A = 9,25 \cdot 10^4 \text{ Bq}$$

Substituindo em (I), temos:

$$9,25 \cdot 10^4 = \frac{\ln 2}{180} N \Rightarrow \boxed{N = 2,4 \cdot 10^7 \text{ átomos}}$$

- 5.** Em um balão contendo ácido sulfúrico concentrado foram colocados 1,250 mols de tolueno. A seguir foram gotejados 10,0 mols de ácido nítrico concentrado, mantendo o sistema sob agitação e temperatura controlada, o que gerou uma reação cuja conversão de tolueno é de 40%. Ao final do processo, separou-se todo o produto obtido.

Ao produto da reação acima foram acrescentados 7,50 g de uma substância A, de peso molecular 150 g, e 14,8 g de outra substância B, de peso molecular 296 g. A mistura foi dissolvida em  $2,00 \times 10^3 \text{ g}$  de um solvente orgânico cuja constante crioscópica é  $6,90 \text{ }^\circ\text{C kg/mol}$ .

Determine a variação da temperatura de solidificação do solvente orgânico, considerando que o sólido obtido e as substâncias A e B não são voláteis e não reagem entre si.

**Resolução**

A reação entre tolueno e ácido nítrico concentrado, na presença de ácido sulfúrico concentrado (nitração do tolueno), ocorre na proporção de 1 mol de tolueno para 1 mol de produto formado, quando o rendimento é 100%. Com o rendimento mencionado, e com o  $\text{HNO}_3$  em excesso, temos:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol tolueno} &: \frac{40}{100} \cdot 1 \text{ mol produto} \\ 1,25 \text{ mol tolueno} &: n_{\text{produto}} \end{aligned} \Rightarrow n_{\text{produto}} = 0,5 \text{ mol}$$

Porém, ainda há mais dois solutos e os efeitos coligativos se somam. Logo:

$$n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{7,5}{150} = 0,05 \text{ mol}$$

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} = \frac{14,8}{296} = 0,05 \text{ mol}$$

Portanto,  $n_1 = n_A + n_B + n_{\text{produto}} \Rightarrow n_1 = 0,6 \text{ mol}$

$$\text{Mas, pela lei de Raoult, } \Delta t_c = K_c \cdot W \Rightarrow \Delta t_c = 6,9 \cdot \frac{1.000 \cdot n_1}{m_2} \Rightarrow \Delta t_c = \frac{6.900 \cdot 0,6}{2 \cdot 10^3} \therefore \boxed{\Delta t_c = 2,07 \text{ }^\circ\text{C}}$$

6. Para a reação  $A + B \rightarrow C$  foram realizados três experimentos, conforme a tabela abaixo:

| Experimento | [A]<br>mol/L | [B]<br>mol/L | Velocidade de reação<br>mol/(L·min) |
|-------------|--------------|--------------|-------------------------------------|
| I           | 0,10         | 0,10         | $2,0 \times 10^{-3}$                |
| II          | 0,20         | 0,20         | $8,0 \times 10^{-3}$                |
| III         | 0,10         | 0,20         | $4,0 \times 10^{-3}$                |

Determine:

- a lei da velocidade da reação acima;
- a constante da velocidade;
- a velocidade de formação de C quando as concentrações de A e B forem ambas 0,50 M.

## Resolução

Pela lei de Guldberg-Waage, temos que:  $v = k[A]^\alpha \cdot [B]^\beta$ .

a) Utilizando a tabela, podem-se calcular as ordens da reação:

$$\begin{array}{ccc}
 [A] & [B] & v \\
 0,10 & 0,10 & 2 \cdot 10^{-3} \\
 \times 2 \left( \begin{array}{c} 0,20 \\ 0,10 \end{array} \right) & \times 2 \left( \begin{array}{c} 0,20 \\ 0,20 \end{array} \right) & \times 2 \left( \begin{array}{c} 8 \cdot 10^{-3} \\ 4 \cdot 10^{-3} \end{array} \right) \times 2
 \end{array}$$

Como as variações de velocidade coincidem com as variações de concentração de cada reagente, separadamente,  $\alpha = \beta = 1$ . Portanto:  $v = k[A][B]$

b) Substituindo os dados do primeiro experimento na lei, temos:

$$2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}} = k \left( 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot \left( 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \Rightarrow k = 0,2 \frac{\text{L}}{\text{mol} \cdot \text{min}}$$

c) Pela lei da ação das massas,  $v = 0,2 \frac{\text{L}}{\text{mol} \cdot \text{min}} \cdot \left( 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \cdot \left( 0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \Rightarrow v = 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$

Como o coeficiente de C na equação é 1, a velocidade de formação de C é a própria velocidade da reação. Portanto:  $v_C = 0,05 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$

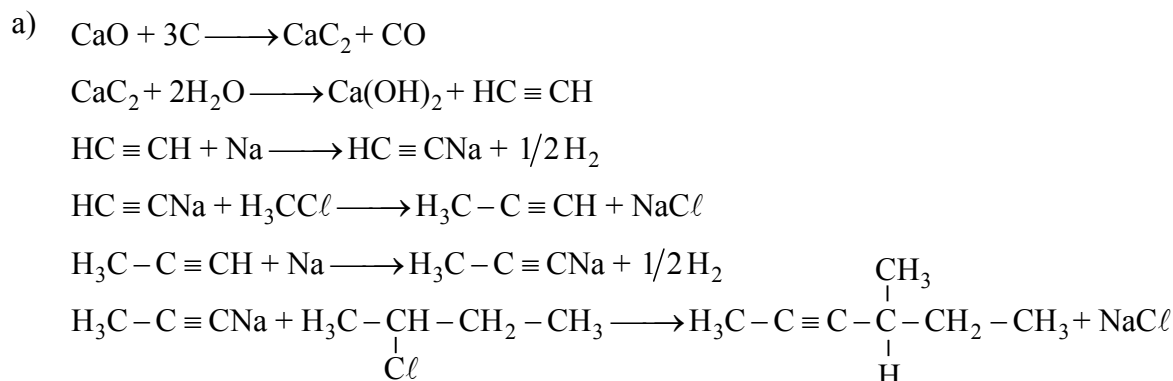
7. Os eletrodos de uma bateria de chumbo são de Pb e PbO<sub>2</sub>. A reação global de descarga é  $\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ . Admita que o “coeficiente de uso” seja de 25,0%. Este coeficiente representa a fração de Pb e PbO<sub>2</sub> presentes na bateria que são realmente usados nas reações dos eletrodos.

Calcule:

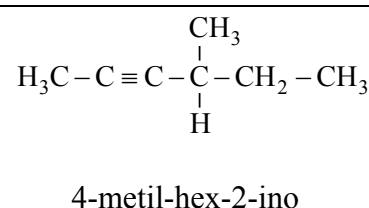
- a massa mínima de chumbo em quilogramas (incluindo todas as formas em que se encontra esse elemento) que deve existir numa bateria para que ela possa fornecer uma carga de  $38,6 \times 10^4 \text{ C}$ ;
- o valor aproximado da variação da energia livre da reação, sendo de 2,00 V a voltagem média da bateria quando fora de uso.



## Resolução

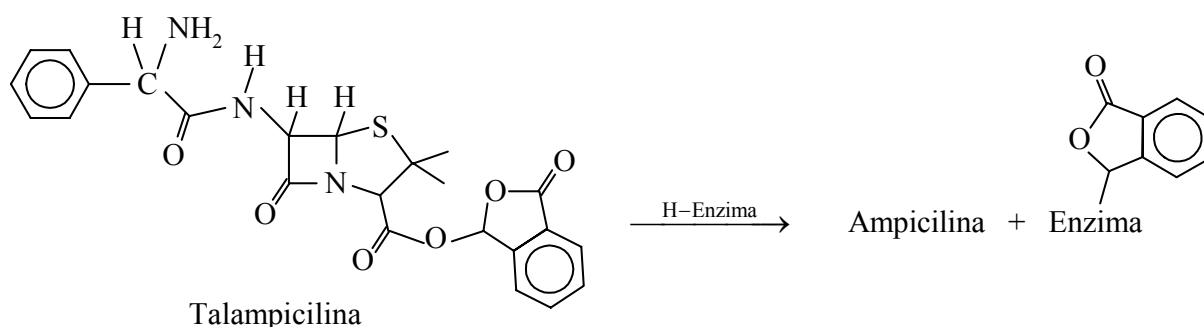


b) Menor alquino dissustituído com carbono assimétrico  $\Rightarrow$



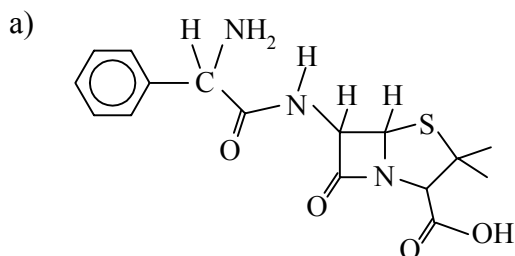
**10.** Um pró-fármaco é uma substância farmacologicamente inativa, que geralmente é convertida no fármaco ativo dentro do organismo do paciente através de uma transformação enzimática. Um medicamento é ministrado por via oral na forma de pró-fármaco quando se deseja baixar a sua toxidez, melhorar sua solubilidade, facilitar a sua passagem pela membrana celular ou, simplesmente, evitar que seja destruído pelas enzimas do trato gastrointestinal antes de atingir seu alvo.

A talampicilina é um exemplo de pró-fármaco do antibiótico ampicilina, largamente empregado contra bactérias *gram*-negativas e *gram*-positivas. Por ser menos polar que a ampicilina, a talampicilina é facilmente absorvida pelas paredes do intestino e cai na corrente sanguínea, onde é transformada em ampicilina por enzimas chamadas esterases conforme a reação a seguir:



Com base nas informações acima, pede-se:

- a fórmula estrutural da ampicilina;
- a função orgânica gerada na estrutura da ampicilina pela biotransformação da talampicilina;
- as funções orgânicas nitrogenadas presentes na estrutura da talampicilina;
- o número de carbonos assimétricos presentes na molécula de talampicilina;
- os heteroátomos presentes na estrutura da ampicilina.

**Resolução**

- b) ácido carboxílico
- c) amina e amida
- d) 5
- e) nitrogênio e enxofre

Obs.: Amidas cíclicas também são chamadas lactamas.

**Comentários**

A prova do IME mais uma vez apresentou questões de bom nível, abrangendo a maior parte dos assuntos em Química. No entanto, sentimos falta de alguns tópicos, como, por exemplo, equilíbrio químico.

Nota-se também incidência maior de química orgânica, tema das questões 8, 9, 10 e parte da questão 5, seguindo a tendência do ano anterior, com nível de dificuldade adequado aos conteúdos do ensino médio. Destaque para a questão 2, que cobrou um assunto importante (lei de Dalton no cálculo de fórmulas e massas).

Parabéns à banca examinadora do IME, que certamente selecionará os melhores candidatos.

**POLIEDRO****O CURSINHO QUE MAIS ENTENDE DE IME E ITA**