

ITA 2023

Primeira fase e Segunda fase

Constantes

Constante de Avogadro (N_A) = $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante de Faraday (F) = $9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ A s mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ J V}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Carga elementar = $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Constante dos gases (R) = $8,21 \times 10^{-2} \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1} = 1,98 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Constante de Planck (h) = $6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

Velocidade da luz no vácuo = $3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Número de Euler (e) = 2,72

Definições

Pressão: $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,01325 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} = 1,01325 \text{ bar}$

Energia: $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} = 6,24 \times 10^{18} \text{ eV}$

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP): 0°C e 1 atm

Condições ambientes: 25°C e 1 atm

Condições padrão: 1 bar ; concentrações das soluções = 1 mol L^{-1} (rigorosamente: atividade unitária das espécies); sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão.

(s) = sólido. (l) = líquido. (g) = gás. (aq) = aquoso. (conc) = concentrado.

(ua) = unidades arbitrárias. u.m.a = unidade de massa atômica.

[X] = concentração da espécie química X em mol L^{-1} .

$\ln X = 2,3 \log X$

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)
H	1	1,01	P	15	30,97
Li	3	6,94	S	16	32,06
B	5	10,81	Cl	17	35,45
C	6	12,01	K	19	39,10
N	7	14,01	Ca	20	40,08
O	8	16,00	Ga	31	69,72
F	9	19,00	Se	34	78,96
Na	11	22,99	Sr	38	87,62
Al	13	26,98			

Questão 49. Em uma titulação, 100 mL de uma solução de um ácido monoprotico fraco, cuja constante de ionização é igual a 10^{-9} , são neutralizados com 25 mL de uma solução $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ de hidróxido de sódio.

Assinale a opção que apresenta o pH no ponto de equivalência da titulação.

- A () 9,0.
 B () 9,5.
 C () 10,0.
 D () 10,5.
 E () 11,0.

Resolução: alternativa E

$$[\text{NaOH}]_{\text{solução de NaOH}} = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$V_{\text{solução de NaOH}} = 25 \text{ mL}$$

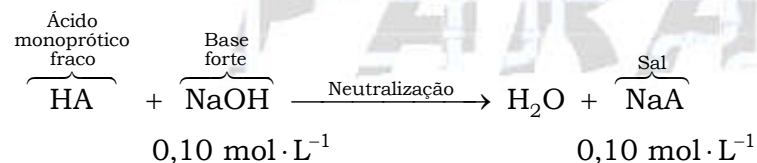
$$V_{\text{solução do ácido fraco}} = 100 \text{ mL}$$

$$V_{\text{total}} = V_{\text{solução de NaOH}} + V_{\text{solução do ácido fraco}} \Rightarrow V_{\text{total}} = 25 \text{ mL} + 100 \text{ mL} = 125 \text{ mL}$$

$$[\text{NaOH}]_{\text{solução de NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{solução de NaOH}}} \Rightarrow n_{\text{NaOH}} = [\text{NaOH}]_{\text{solução de NaOH}} \times V_{\text{solução de NaOH}}$$

$$n_{\text{NaOH}} = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 25 \text{ mL} = 0,5 \times 25 \text{ mmol}$$

$$[\text{NaOH}] = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{total}}} = \frac{0,5 \times 25 \text{ mmol}}{125 \text{ mL}} = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

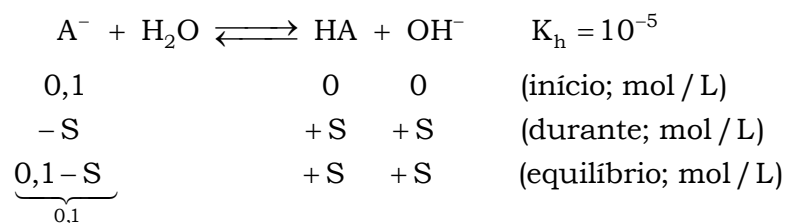


$$[\text{NaA}] = [\text{A}^-] = 0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Segundo Brönsted-Lowry, os ânions A^- presentes em solução, após a ionização parcial do ácido monoprotico fraco (HA), são receptores de cátions H^+ provenientes da água, conseqüentemente, ocorre a formação de ânions hidróxido (OH^-), o que aumenta o pH da solução ($\text{pH} > 7$), ou seja, ocorre a hidrólise do ânion.

$$[\text{A}^-] = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; K_a = 10^{-9}; K_w = 10^{-14}$$

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} \Rightarrow K_h = 10^{-5}$$



$$K_h = \frac{[\text{HA}] \times [\text{OH}^-]}{[\text{HA}]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{S \times S}{0,1}$$

$$S = [\text{OH}^-]$$

$$10^{-5} = \frac{[\text{OH}^-] \times [\text{OH}^-]}{10^{-1}} \Rightarrow [\text{OH}^-]^2 = 10^{-5} \times 10^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-6}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} \Rightarrow \text{pOH} = 3$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pH} + 3 = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - 3$$

$$\text{pH} = 11,0$$

Questão 50. Sabe-se que a constante de velocidade (k) de uma reação é função da temperatura (T) conforme a Lei de Arrhenius:

$$k = A e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)},$$

em que A é o fator de frequência e E_a é a energia de ativação. Em um estudo cinético, observou-se que a velocidade de uma determinada reação aumenta 1000 vezes quando a temperatura do meio reacional aumenta de 400 K para 500 K, permanecendo constantes todos os demais parâmetros iniciais.

Assinale a opção que apresenta a energia de ativação desta reação, em kcal mol⁻¹, considerando que A e E_a não dependem da temperatura.

A () 7,3.

B () 17,3.

C () 27,3.

D () 37,3.

E () 47,3.

Resolução: alternativa C

$$T_i = 400 \text{ K}; T_f = 500 \text{ K}$$

$$k = A e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

$$v = k \times [\text{R}] \Rightarrow v = A e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)} \times [\text{R}]$$

$$v = A e^{\left(\frac{-E_a}{R \cdot 400\text{K}}\right)} \times [\text{R}] \quad (\text{I})$$

$$1000 \times v = A e^{\left(\frac{-E_a}{R \cdot 500\text{K}}\right)} \times [\text{R}] \quad (\text{II})$$

Substituindo I em II, vem:

$$1000 \times A e^{\left(\frac{-E_a}{R \cdot 400\text{K}}\right)} \times [\text{R}] = A e^{\left(\frac{-E_a}{R \cdot 500\text{K}}\right)} \times [\text{R}]$$

$$e^{\left(\frac{-E_a}{R \cdot 400K}\right)} = 10^{-3} \times e^{\left(\frac{-E_a}{R \cdot 500K}\right)}$$

Aplicando \ln , vem:

$$\ln e^{\left(\frac{-E_a}{R \cdot 400K}\right)} = \underbrace{\ln 10^{-3}}_{2,3 \log 10^{-3}} + \ln e^{\left(\frac{-E_a}{R \cdot 500K}\right)}$$

$$\frac{-E_a}{R \cdot 400K} = 2,3 \log 10^{-3} + \frac{-E_a}{R \cdot 500K} \Rightarrow \left(\frac{1}{4}\right) \frac{-E_a}{R \cdot 100K} = 2,3 \log 10^{-3} + \left(\frac{1}{5}\right) \frac{-E_a}{R \cdot 100K}$$

$$0,25 \times \frac{-E_a}{R \cdot 100K} = 2,3 \log 10^{-3} + 0,20 \times \frac{-E_a}{R \cdot 100K}$$

$$0,25 \times \frac{-E_a}{R \cdot 100K} - 0,20 \times \frac{-E_a}{R \cdot 100K} = -3 \times 2,3$$

$$0,05 \times \frac{-E_a}{R \cdot 100K} = -6,9$$

$$E_a = \frac{6,9 \times R \cdot 100K}{0,05} \Rightarrow E_a = 2000 K \times 6,9 \times R$$

$$R = 1,98 \text{ cal} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,98 \times 10^{-3} \text{ kcal} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$E_a = 2000 K \times 6,9 \times 1,98 \times 10^{-3} \text{ kcal} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$E_a = 27,324 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1} = 27,3 \text{ kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Questão 51. Considere as seguintes afirmações relacionadas a átomos e íons atômicos no estado gasoso:

I. A afinidade eletrônica do átomo de oxigênio é maior do que a do ânion O^- .

II. A energia de ionização do átomo de oxigênio é maior do que a do ânion O^{2-} .

III. O raio atômico do átomo de oxigênio é maior do que o do ânion O^- .

IV. O átomo de oxigênio tem maior afinidade eletrônica e menor energia de ionização do que o átomo de nitrogênio.

Das afirmações **I a IV**, acima destacadas, são CORRETAS

A () apenas I e II.

B () apenas I, II e IV.

C () apenas I e III.

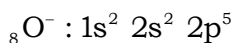
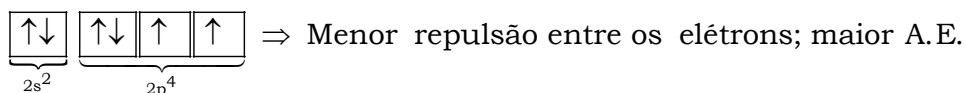
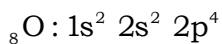
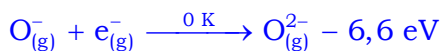
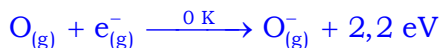
D () apenas II, III e IV.

E () apenas III e IV.

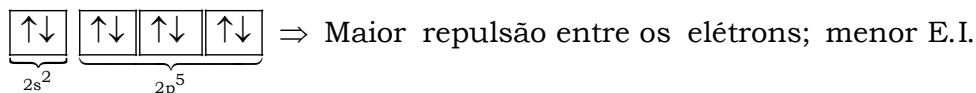
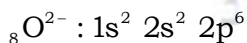
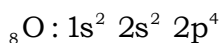
Resolução: alternativa B

I. Correta. A afinidade eletrônica (A.E) do átomo de oxigênio (estado fundamental) é maior do que a do ânion O^- , pois no átomo existem dois orbitais semipreenchidos e, conseqüentemente, menor repulsão. (A.E: energia desenvolvida na adição de um elétron a zero absoluto).

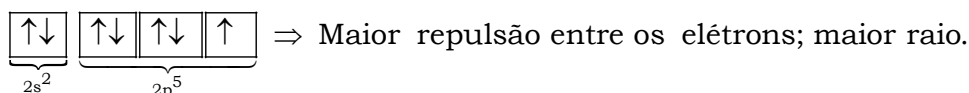
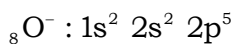
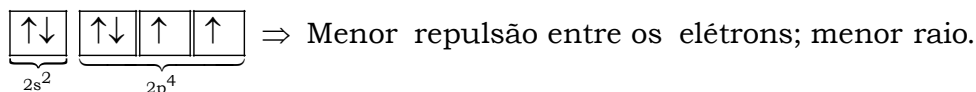
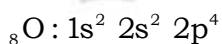
Observação teórica:



II. Correta. A energia de ionização (E.I) do átomo de oxigênio (estado fundamental) é maior do que a do ânion O^{2-} , pois no ânion todos os orbitais estão preenchidos gerando maior repulsão eletrônica. (E.I: energia absorvida para retirar, em zero absoluto, um elétron).



III. Incorreta. O raio atômico do átomo de oxigênio (estado fundamental) é menor do que a do ânion O^- , pois no átomo existem dois orbitais semipreenchidos e, conseqüentemente, menor repulsão.



IV. Correta. O átomo de oxigênio tem maior afinidade eletrônica (A.E) e menor energia de ionização (E.I) do que o átomo de nitrogênio. (A.E: energia desenvolvida na adição de um elétron a zero absoluto e E.I: energia absorvida para retirar, em zero absoluto, um elétron).

${}_8\text{O}: 1s^2 2s^2 2p^4 \Rightarrow$ Maior carga nuclear ($Z = 8$); menor raio e maior A.E.

${}_7\text{N}: 1s^2 2s^2 2p^3 \Rightarrow$ Menor carga nuclear ($Z = 7$); maior raio e menor A.E.

${}_8\text{O}: 1s^2 2s^2 2p^4$

$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array} \Rightarrow$ Maior repulsão entre os elétrons; menor E.I.

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{2s^2} \quad \underbrace{\hspace{2.5cm}}_{2p^4}$

${}_7\text{N}: 1s^2 2s^2 2p^3$

$\begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array} \Rightarrow$ Menor repulsão entre os elétrons; maior E.I.

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{2s^2} \quad \underbrace{\hspace{2.5cm}}_{2p^3}$

Observação teórica:

Raio atômico do oxigênio: 60 pm.

Raio atômico do nitrogênio: 65 pm.

Questão 52. Considere que as curvas (I) e (II) representam uma mesma reação química em fase gasosa, mas em diferentes condições. Sabendo que E_a é a energia de ativação, é CORRETO afirmar que

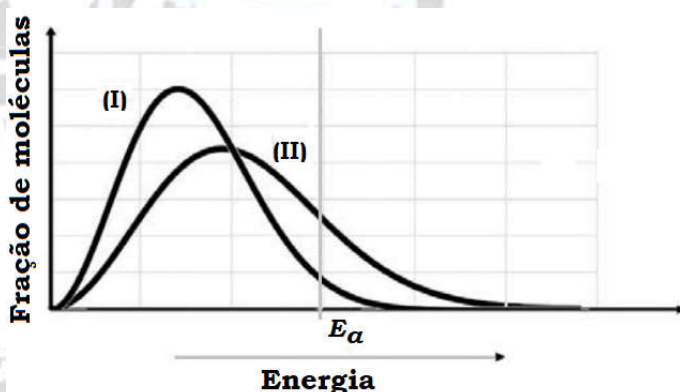
A () em (II) a reação ocorre na presença de um catalisador.

B () a reação é endotérmica.

C () a reação é de primeira ordem.

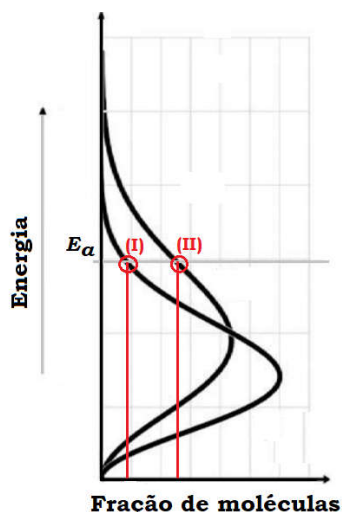
D () a temperatura em (I) é menor do que em (II).

E () a constante de velocidade da reação em (I) é maior do que em (II).



Resolução: alternativa D

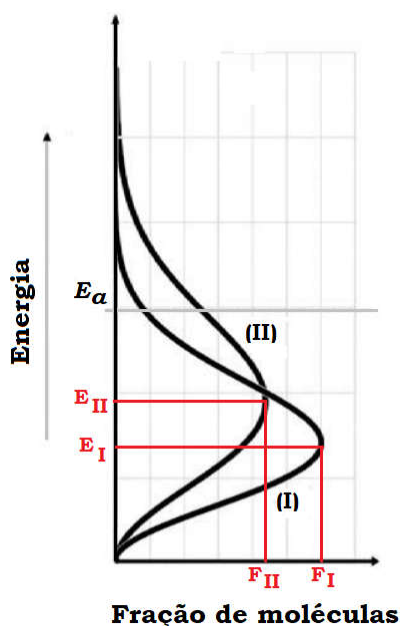
A. Incorreto. A energia de ativação de (I) e (II) são iguais, logo nenhuma delas ocorre na presença de catalisador.



B. Incorreto. O as curvas (I) e (II) representam uma mesma reação química em fase gasosa, mas em diferentes condições de temperatura, porém nada se pode afirmar quanto a liberação ou absorção de energia, ou seja, se o processo é endotérmico ou exotérmico.

C. Incorreto. A partir das informações do gráfico, nada se pode afirmar sobre a ordem da reação.

D. Correto. A temperatura em (I) é menor do que em (II), pois para a fração máxima de moléculas (F), a energia (E) é menor em (I) e maior em (II).



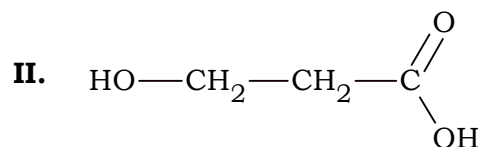
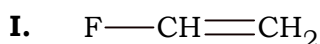
E. Incorreto. Sabe-se que a constante de velocidade (k) de uma reação é função da temperatura (T) conforme a Lei de Arrhenius. Observe a seguir.

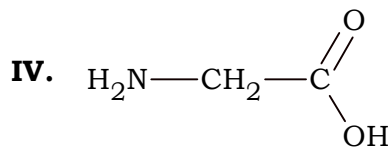
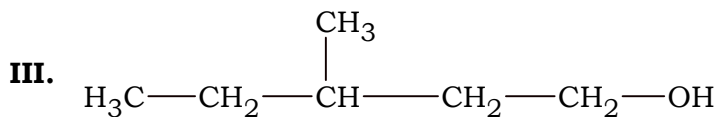
$$k = A e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

A constante de velocidade da reação II será maior, pois apresenta o maior valor de energia e, conseqüentemente, de temperatura.

$$k = \frac{A}{e^{\left(\frac{E_a}{R \times T}\right)}} \quad \begin{matrix} \uparrow \\ \downarrow \end{matrix}$$

Questão 53. Considere os seguintes compostos:



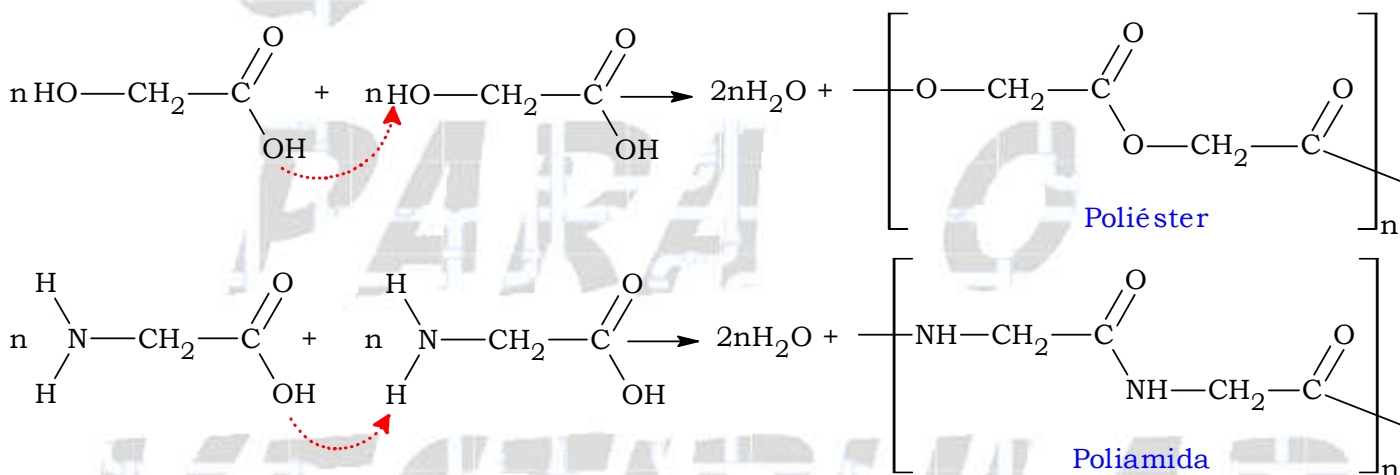


Qual(is) dos compostos acima forma(m) comumente polímeros de condensação?

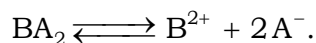
- A () Apenas I e II.
 B () Apenas I e III.
 C () Apenas II e III.
 D () Apenas II e IV.
 E () Apenas IV.

Resolução: alternativa D

II (álcool - ácido carboxílico) e IV (amina - ácido carboxílico) formam polímeros de condensação (reação entre grupos funcionais com a formação de um subproduto).



Questão 54. Um eletrólito genérico BA_2 ioniza em solução aquosa, de acordo com a equação química:



Considere duas soluções aquosas, preparadas com as mesmas quantidades desse eletrólito, nas seguintes condições de equilíbrio:

Solução 1: Volume V_1 , temperatura T_1 e grau de ionização do eletrólito α_1 .

Solução 2: Volume $V_2 = 2V_1$, temperatura T_2 e grau de ionização do eletrólito $\alpha_2 = \alpha_1$.

Com base nessas informações, assinale a opção que relaciona corretamente a constante de equilíbrio da ionização do eletrólito na **solução 2**, K_2 , com a constante de equilíbrio na **solução 1**, K_1 .

A () $K_2 = 0,25 K_1$.

B () $K_2 = 0,5 K_1$.

C () $K_2 = K_1$.

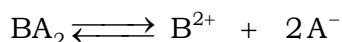
D () $K_2 = 2 K_1$.

E () $K_2 = 4 K_1$.

Resolução: alternativa A

$$n_{\text{solução 1}} = n_{\text{solução 2}} = n$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$$



$\frac{n}{V_1}$	0	0	(início; mol · L ⁻¹)
$-\alpha \times \frac{n}{V_1}$	$+\alpha \times \frac{n}{V_1}$	$+\alpha \times \frac{n}{V_1}$	(durante; mol · L ⁻¹)
$\underbrace{\frac{n}{V_1} - \alpha \times \frac{n}{V_1}}_{\frac{n}{V_1}}$	$+\alpha \times \frac{n}{V_1}$	$+\alpha \times \frac{n}{V_1}$	(equilíbrio; mol · L ⁻¹)

$$K_1 = \frac{[B^{2+}] \times [A^-]^2}{[BA_2]} \Rightarrow K_1 = \frac{\left(\alpha \times \frac{n}{V_1}\right) \times \left(\alpha \times \frac{n}{V_1}\right)^2}{\left(\frac{n}{V_1}\right)}$$

$$K_1 = \alpha^3 \times \left(\frac{n}{V_1}\right)^2 \quad \text{(I)}$$

$$V_2 = 2V_1$$

$\frac{n}{2V_1}$	0	0	(início; mol · L ⁻¹)
$-\alpha \times \frac{n}{2V_1}$	$+\alpha \times \frac{n}{2V_1}$	$+\alpha \times \frac{n}{2V_1}$	(durante; mol · L ⁻¹)
$\underbrace{\frac{n}{2V_1} - \alpha \times \frac{n}{2V_1}}_{\frac{n}{2V_1}}$	$+\alpha \times \frac{n}{2V_1}$	$+\alpha \times \frac{n}{2V_1}$	(equilíbrio; mol · L ⁻¹)

$$K_2 = \frac{[B^{2+}] \times [A^-]^2}{[BA_2]} \Rightarrow K_2 = \frac{\left(\alpha \times \frac{n}{2V_1}\right) \times \left(\alpha \times \frac{n}{2V_1}\right)^2}{\left(\frac{n}{2V_1}\right)}$$

$$K_2 = \alpha^3 \times \left(\frac{n}{2V_1}\right)^2 \quad \text{(II)}$$

Dividindo (II) por (I), vem:

$$\left. \begin{array}{l} K_2 = \alpha^3 \times \frac{1}{4} \left(\frac{n}{V_1} \right)^2 \quad (\text{II}) \\ K_1 = \alpha^3 \times \left(\frac{n}{V_1} \right)^2 \quad (\text{I}) \end{array} \right\} \frac{K_2}{K_1} = \frac{\alpha^3 \times \frac{1}{4} \left(\frac{n}{V_1} \right)^2}{\alpha^3 \times \left(\frac{n}{V_1} \right)^2} = \frac{1}{4}$$

$$K_2 = \frac{1}{4} K_1 \Rightarrow K_2 = 0,25 K_1$$

Questão 55. Um sistema contendo oxigênio atômico (na forma do isótopo estável mais abundante) e hidrogênio atômico (na forma dos dois isótopos mais estáveis) é colocado a reagir em duas condições diferentes, levando à formação de produtos únicos e distintos, X e Y, respectivamente. Considere que X e Y correspondem a moléculas neutras, estáveis e que obedecem à regra do octeto, e que a massa molar média de X é menor do que a de Y. Assinale a opção que relaciona corretamente as possíveis razões entre as massas de hidrogênio e de oxigênio nas moléculas que constituem X e Y.

A () X: 1/8, 3/16 e 1/4,

Y: 1/16, 3/32 e 1/8.

B () X: 1/8, 3/16 e 1/4,

Y: 1/24, 1/16 e 1/12.

C () X: 1/16, 3/32 e 1/8,

Y: 1/8, 3/16 e 1/4.

D () X: 1/16, 1/8 e 1/4,

Y: 1/32, 1/16 e 1/8.

E () X: 1/24, 1/16 e 1/12,

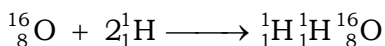
Y: 1/8, 3/16 e 1/4.

Resolução: alternativa A

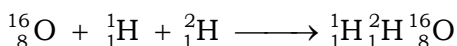
Oxigênio atômico (isótopo mais estável): ${}^{16}_8\text{O}$

Hidrogênios atômicos (isótopos mais estáveis): ${}^1_1\text{H}$ e ${}^2_1\text{H}$ } $M_{\text{H}_2\text{O}} < M_{\text{H}_2\text{O}_2}$

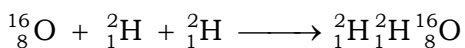
Combinações para a formação de H_2O (X):



$$R = \frac{1+1}{16} = \frac{2}{16} \Rightarrow R = 1/8$$

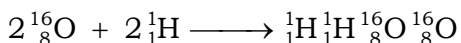


$$R' = \frac{1+2}{16} = \frac{3}{16} \Rightarrow R' = 3/16$$

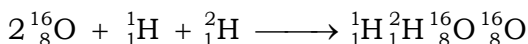


$$R'' = \frac{2+2}{16} = \frac{4}{16} \Rightarrow R'' = 1/4$$

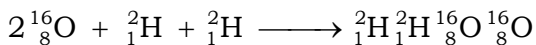
Combinações para a formação de H₂O₂ (Y):



$$R = \frac{1+1}{16+16} = \frac{2}{32} \Rightarrow R = 1/16$$



$$R' = \frac{1+2}{16+16} = \frac{3}{32} \Rightarrow R' = 3/32$$



$$R'' = \frac{2+2}{16+16} = \frac{4}{32} \Rightarrow R'' = 1/8$$

Questão 56. Em uma determinada temperatura, uma mistura gasosa contendo as substâncias X₂, Y₂ e XY é adicionada a um recipiente de 1 L, nas concentrações, em mol L⁻¹, de 0,4, 0,4 e 0,8, respectivamente. A equação química que representa a reação, cuja constante de equilíbrio é igual a 16, é dada por



Assinale a opção que contém a concentração aproximada, em mol L⁻¹, do produto XY, após a reação atingir o equilíbrio.

- A () 0,5.
 B () 0,8.
 C () 1,1.
 D () 2,2.
 E () 2,7.

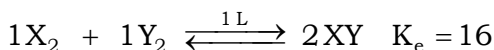
Resolução: alternativa C



$$0,4 \text{ mol/L} \quad 0,4 \text{ mol/L} \quad 0,8 \text{ mol/L}$$

$$Q = \frac{[XY]^2}{[X_2]^1 \times [Y_2]^1} = \frac{(0,8)^2}{(0,4) \times (0,4)}$$

$$Q = 4 \Rightarrow 4 \neq 16 \text{ (não está em equilíbrio)}$$



$$0,4 \quad 0,4 \quad \frac{2 \times 0,4}{0,8} \quad (\text{início; mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

$$-x \quad -x \quad +2x \quad (\text{durante; mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

$$0,4-x \quad 0,4-x \quad \frac{0,8+2x}{[XY]} \quad (\text{de equilíbrio; mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

$$K_e = \frac{[XY]^2}{[X_2]^1 \times [Y_2]^1} \Rightarrow 16 = \frac{(0,8+2x)^2}{(0,4-x) \times (0,4-x)}$$

$$16 = \frac{4(0,4+x)^2}{(0,4-x)^2} \Rightarrow 4 = \frac{(0,4+x)^2}{(0,4-x)^2} \Rightarrow \sqrt{4} = \sqrt{\frac{(0,4+x)^2}{(0,4-x)^2}}$$

$$2 = \frac{0,4+x}{0,4-x} \Rightarrow 0,8 - 2x = 0,4 + x$$

$$3x = 0,4 \Rightarrow x = \frac{0,4}{3}$$

$$[XY] = 0,8 + 2x$$

$$[XY] = 0,8 + 2 \times \frac{0,4}{3} = 1,066666$$

$$[XY] = 1,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Questão 57. Considere que valores maiores de energia de hidratação são observados para íons com menor tamanho e maior carga. Com base nessa informação, são feitas as seguintes comparações entre a energia de hidratação dos pares de íons abaixo.

- I. $\text{Li}^+ > \text{K}^+$.
- II. $\text{B}^{3+} > \text{Al}^{3+}$.
- III. $\text{Sr}^{2+} < \text{Ca}^{2+}$.
- IV. $\text{Ga}^{3+} > \text{Ca}^{2+}$.
- V. $\text{S}^{2-} > \text{Se}^{2-}$.

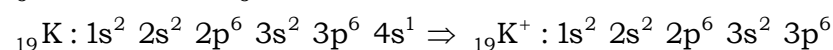
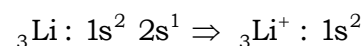
Das comparações I a V, acima destacadas, são CORRETAS

- A () apenas I e II.
- B () apenas I, II e IV.
- C () apenas II, III e V.
- D () apenas III, IV e V.
- E () todas.

Resolução: alternativa E

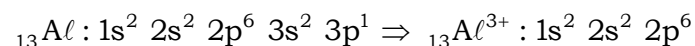
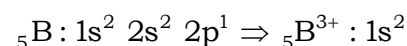
De acordo com o enunciado da questão, íons com menor tamanho (raio) e maior carga apresentam maiores valores de energia de hidratação (E_{Hid}).

I. Correta. Cátions: Li^+ e K^+ .



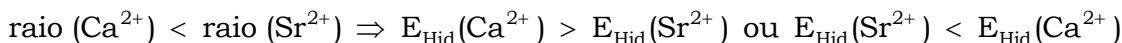
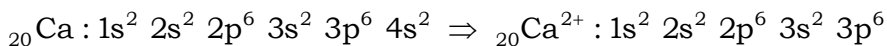
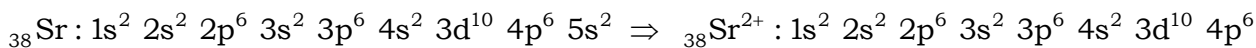
$$\text{raio}(\text{Li}^+) < \text{raio}(\text{K}^+) \Rightarrow E_{\text{Hid}}(\text{Li}^+) > E_{\text{Hid}}(\text{K}^+)$$

II. Correta. Cátions: B^{3+} e Al^{3+} .

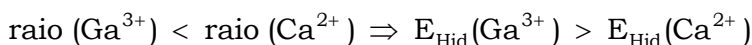
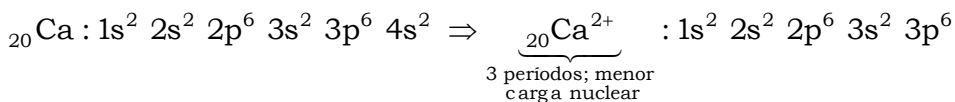
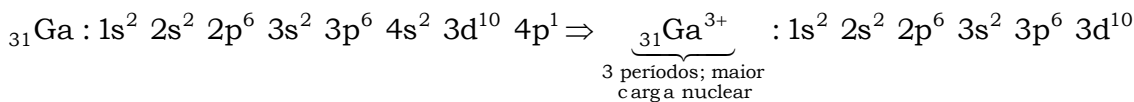


$$\text{raio}(\text{B}^{3+}) < \text{raio}(\text{Al}^{3+}) \Rightarrow E_{\text{Hid}}(\text{B}^{3+}) > E_{\text{Hid}}(\text{Al}^{3+})$$

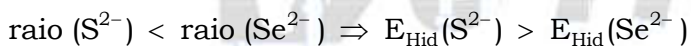
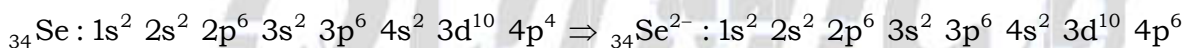
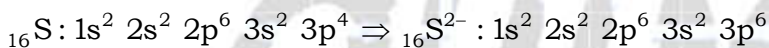
III. Correta. Cátions : Sr^{2+} e Ca^{2+} .



IV. Correta. Cátions : Ga^{3+} e Ca^{2+} .



V. Correta. Ânions : S^{2-} e Se^{2-} .



Questão 58. Considere as seguintes afirmações sobre características de óleos e gorduras.

I. Em temperatura ambiente, óleos são líquidos e gorduras são sólidas.

II. Óleos são ricos em ésteres de ácidos graxos insaturados, ao passo que gorduras possuem predominância de ésteres de ácidos graxos saturados.

III. A reação entre óleos ou gorduras com hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH) produz sabão.

IV. Quanto maior é o índice de saponificação, maior a massa molar média do triglicerídeo do óleo ou da gordura. Por índice de saponificação, entenda-se a massa de KOH, em mg, necessária para saponificar 1 g de óleo ou de gordura.

Das afirmações I a IV, acima destacadas, são CORRETAS

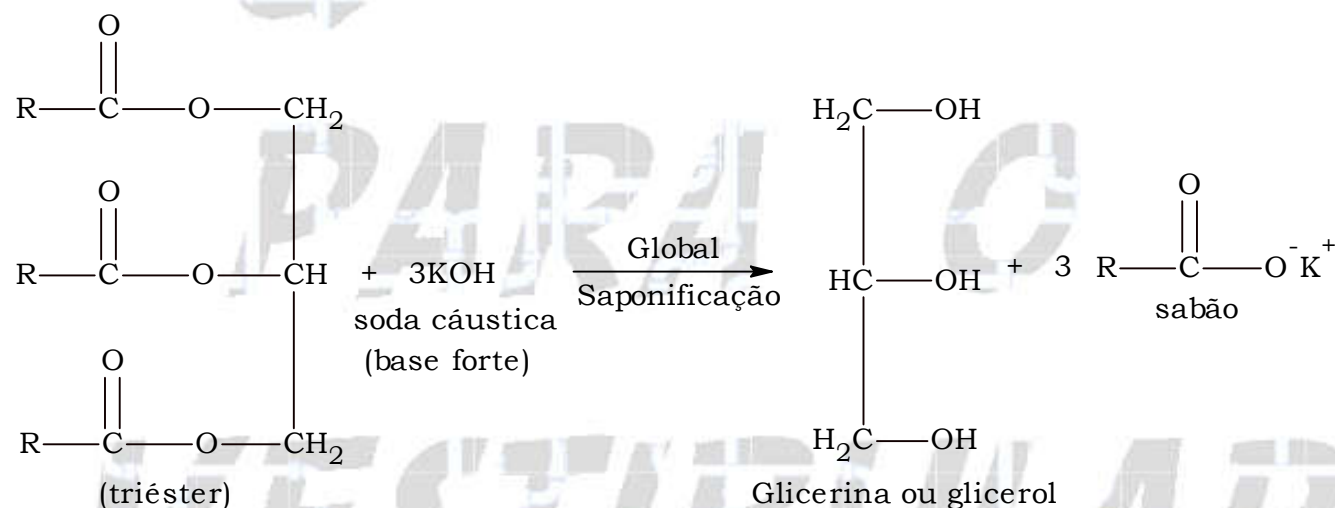
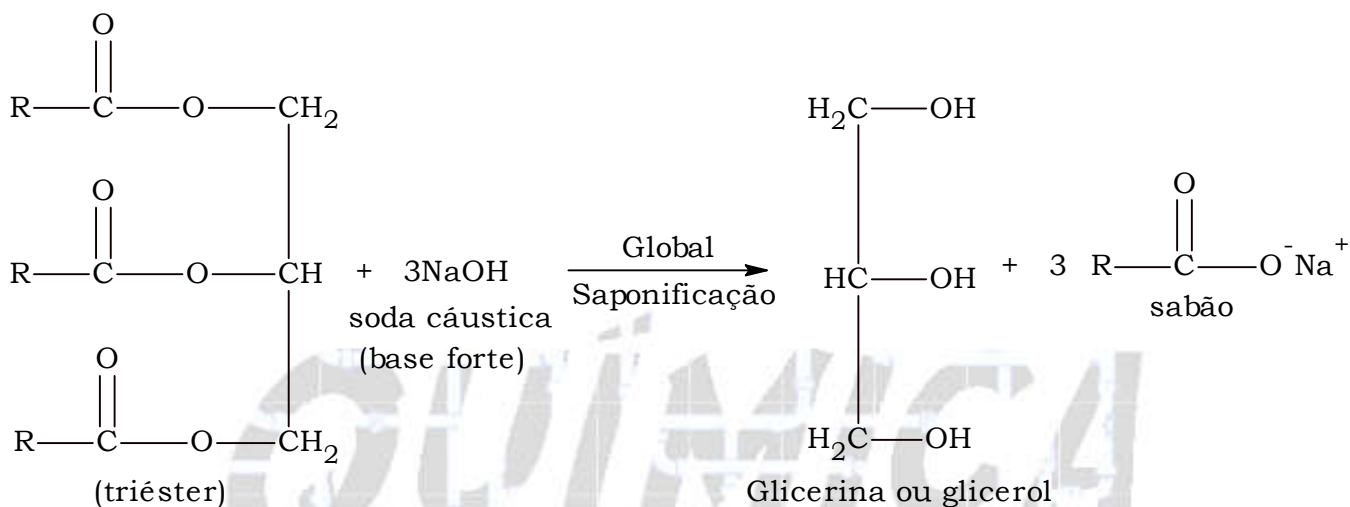
- A () apenas I e II.
 B () apenas I, II e III.
 C () apenas III e IV.
 D () apenas I e IV.
 E () todas.

Resolução: alternativa B

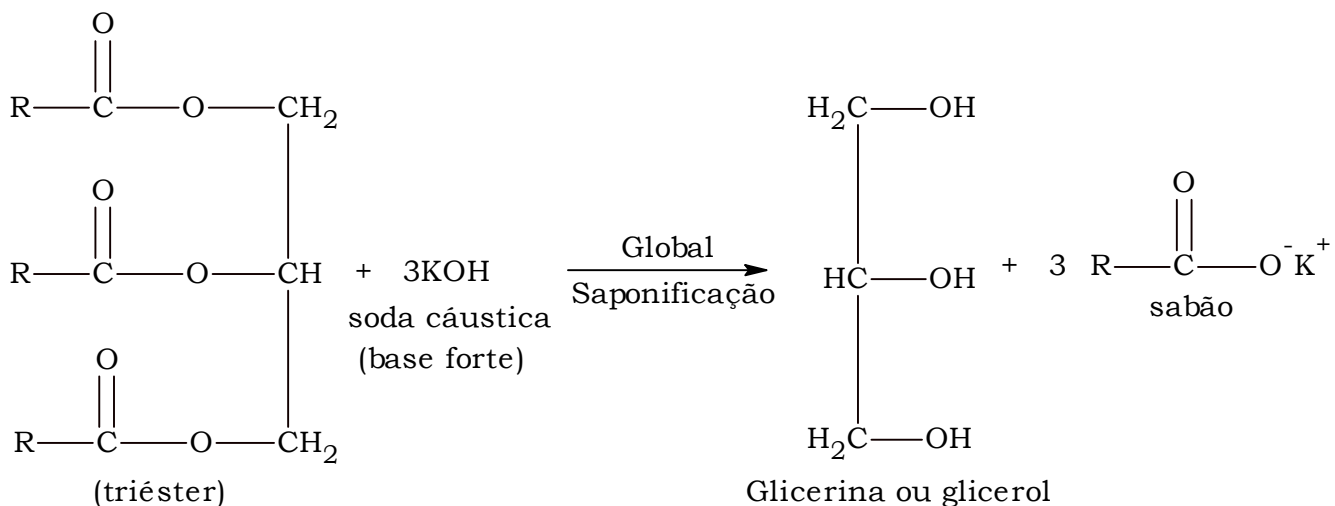
I. Correta. Em temperatura ambiente, óleos (apresentam insaturações) são líquidos e gorduras (apresentam saturações) são sólidas.

II. Correta. Óleos são ricos em ésteres de ácidos graxos insaturados, ao passo que gorduras possuem predominância de ésteres de ácidos graxos saturados.

III. Correta. A reação entre óleos ou gorduras com hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH) produz sabão (saponificação).

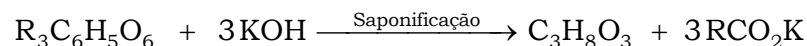


IV. Incorreta. A massa de KOH, em mg, necessária para saponificar 1 g de óleo ou de gordura é conhecida como índice de saponificação.



$$R_3C_6H_5O_6 = 3 \times R + 6 \times 12 + 5 \times 1 + 6 \times 16 = 3R + 173; M_{R_3C_6H_5O_6} = (3R + 173) \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$KOH = 1 \times 39 + 1 \times 16 + 1 \times 1 = 56; M_{KOH} = 56 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 56 \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$(3R + 173) \text{ g} \text{ --- } 3 \times 56 \times 10^3 \text{ mg}$$

$$1 \text{ g} \text{ --- } m_{KOH}$$

$$m_{KOH} = \frac{1 \text{ g} \times 3 \times 56 \times 10^3 \text{ mg}}{(3R + 173) \text{ g}} = \frac{168 \times 10^3}{(3R + 173)} \text{ mg}$$

$$\uparrow R \Rightarrow \downarrow m_{KOH}$$

\uparrow Massa molar média do triglicerídeo $\Rightarrow \downarrow$ índice de saponificação

Quanto menor é o índice de saponificação, maior a massa molar média do triglicerídeo do óleo ou da gordura. Por índice de saponificação, entenda-se a massa de KOH, em mg, necessária para saponificar 1 g de óleo ou de gordura é conhecida como índice de saponificação.

Questão 59. Considere as seguintes afirmações relativas a ácidos.

I. O ácido fosfórico possui hidrogênios que podem ser substituídos por grupos orgânicos para a formação de ésteres.

II. O ácido fosfórico pode produzir três cátions do tipo hidroxônio em água.

III. A ionização do ácido clorídrico aumenta a condutividade elétrica de soluções aquosas.

IV. O grau de ionização de ácidos é a relação entre o número de moléculas dissolvidas e o número total de moléculas.

Das afirmações **I a IV**, acima destacadas, são CORRETAS

A () apenas I, II e III.

B () apenas II e III.

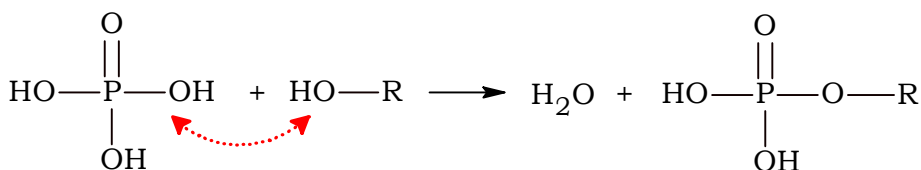
C () apenas II e IV.

D () apenas III e IV.

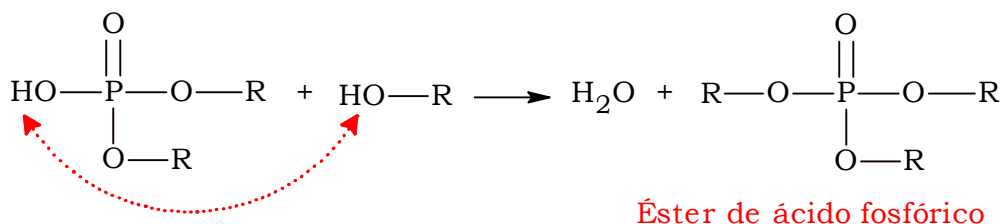
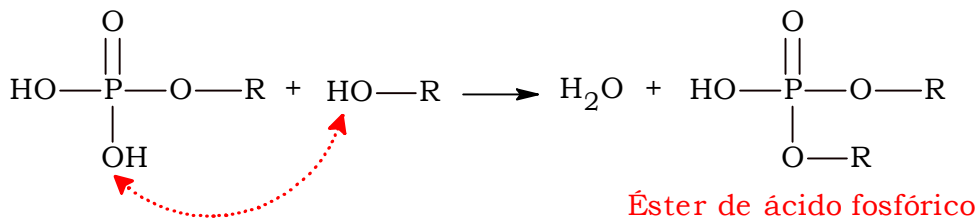
E () todas.

Resolução: alternativa A

I. Correta. O ácido fosfórico possui hidrogênios ligados a átomos de oxigênio (O-H), que podem ser substituídos por grupos orgânicos (R) para a formação de ésteres. Exemplos:



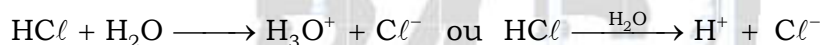
Éster de ácido fosfórico



II. Correta. O ácido fosfórico pode produzir três cátions do tipo hidroxônio (H_3O^+) em água.



III. Correta. A ionização do ácido clorídrico aumenta a condutividade elétrica de soluções aquosas devido à formação de íons livres.



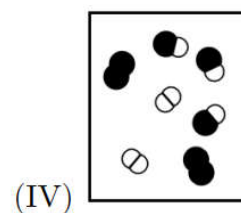
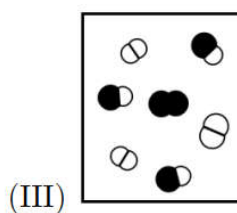
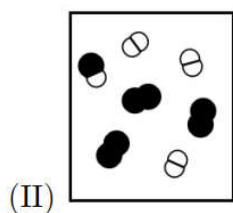
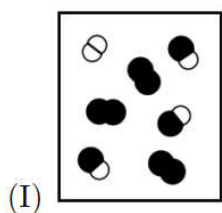
IV. Incorreta. O grau de ionização de ácidos é a relação entre o número de moléculas ionizadas e o número total de moléculas dissolvidas.

$$n_{\text{total}} \text{ ——— } 100 \%$$

$$n_{\text{ionizadas}} \text{ ——— } \alpha$$

$$\alpha = \frac{n_{\text{ionizadas}} \times 100 \%}{n_{\text{total}}}$$

Questão 60. Os seguintes diagramas representam diferentes estados de equilíbrio de uma reação exotérmica do tipo $\text{A}_2(\text{g}) + \text{B}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AB}(\text{g})$.



Assinale a opção que contém a afirmação CORRETA.

A () Se a constante de equilíbrio da reação, K_c , em uma determinada temperatura, é igual a 3, apenas o diagrama (I) representa o sistema no equilíbrio.

B () Os diagramas (II) e (IV) podem representar a situação da reação em equilíbrio em duas temperaturas diferentes, com $T_{II} > T_{IV}$.

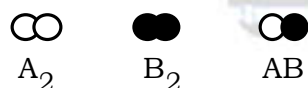
C () Se todos os diagramas representam a reação em equilíbrio, o diagrama (III) representa a reação com a menor constante de equilíbrio.

D () Se a pressão for reduzida à metade pela duplicação do volume, em temperatura constante, os diagramas (II) e (III) representam a reação em equilíbrio para o estado inicial e final, respectivamente, desse processo, com $V_{II} = 2V_{III}$.

E () Se cada símbolo que representa uma molécula nos diagramas equivale a 0,20 mol e se o volume do recipiente é 1,0 L, a constante de equilíbrio da reação representada pelo diagrama (I) é 0,5.

Resolução: alternativa B

Notações:



A. Incorreta. Se a constante de equilíbrio da reação, K_c , em uma determinada temperatura, é igual a 3, os diagramas (I) e (III) representam o sistema no equilíbrio.



$$K_C = \frac{[AB]^2}{[A_2]^1 \times [B_2]^1}$$

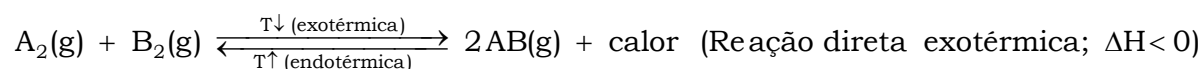
$$K_C \text{ no diagrama (I)} = \frac{(3 \text{ mol}/V)^2}{(1 \text{ mol}/V)^1 \times (3 \text{ mol}/V)^1} = 3$$

$$K_C \text{ no diagrama (II)} = \frac{(1 \text{ mol}/V)^2}{(3 \text{ mol}/V)^1 \times (3 \text{ mol}/V)^1} = \frac{1}{9}$$

$$K_C \text{ no diagrama (III)} = \frac{(3 \text{ mol}/V)^2}{(3 \text{ mol}/V)^1 \times (1 \text{ mol}/V)^1} = 3$$

$$K_C \text{ no diagrama (IV)} = \frac{(3 \text{ mol}/V)^2}{(2 \text{ mol}/V)^1 \times (2 \text{ mol}/V)^1} = \frac{9}{4}$$

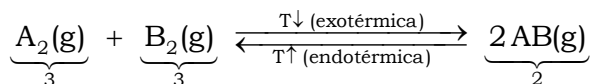
B. Correta. Os diagramas (II) e (IV) podem representar a situação da reação em equilíbrio em duas temperaturas diferentes, com $T_{II} > T_{IV}$.



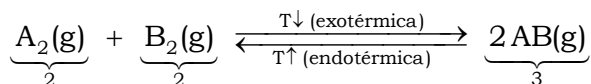
$$T_{II} > T_{IV}$$

Aumento de temperatura : equilíbrio deslocado para a esquerda (reação endotérmica).

Quanto maior a temperatura, menor a constante de equilíbrio.



$$K_{T_{II}} = \frac{[AB]^2}{[A_2]^1 \times [B_2]^1} \Rightarrow K_{T_{II}} = \frac{(1 \text{ mol/V})^2}{(3 \text{ mol/V})^1 \times (3 \text{ mol/V})^1} = \frac{1}{9} \Rightarrow 0,111$$



$$K_{T_{IV}} = \frac{[AB]^2}{[A_2]^1 \times [B_2]^1} \Rightarrow K_{T_{IV}} = \frac{(3 \text{ mol/V})^2}{(2 \text{ mol/V})^1 \times (2 \text{ mol/V})^1} = \frac{9}{4} \Rightarrow 2,25$$

$$0,111 < 2,25 \Rightarrow T_{II} > T_{IV}$$

C. Incorreta. Se todos os diagramas representam a reação em equilíbrio, o diagrama (II) representa a reação com a menor constante de equilíbrio (1/9).

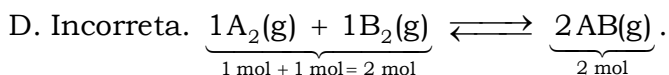


$$K_C \text{ no diagrama (I)} = \frac{(3 \text{ mol/V})^2}{(1 \text{ mol/V})^1 \times (3 \text{ mol/V})^1} = 3$$

$$K_C \text{ no diagrama (II)} = \frac{(1 \text{ mol/V})^2}{(3 \text{ mol/V})^1 \times (3 \text{ mol/V})^1} = \frac{1}{9}$$

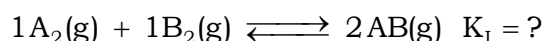
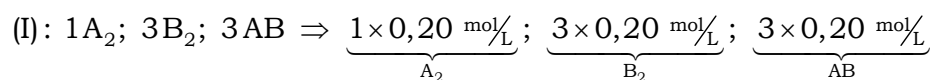
$$K_C \text{ no diagrama (III)} = \frac{(3 \text{ mol/V})^2}{(3 \text{ mol/V})^1 \times (1 \text{ mol/V})^1} = 3$$

$$K_C \text{ no diagrama (IV)} = \frac{(3 \text{ mol/V})^2}{(2 \text{ mol/V})^1 \times (2 \text{ mol/V})^1} = \frac{9}{4}$$



No equilíbrio (temperatura constante), como o número de mols de moléculas é o mesmo dos dois lados da equação química, o sistema não responde a um aumento de volume (duplicação) ou diminuição de pressão (pressão reduzida à metade), ou seja, na hipótese descrita não existe um mecanismo para maximizar a diminuição de pressão. Além disso, os diagramas II e III representam ocorrências em temperaturas diferentes, por isso não estão relacionados.

E. Incorreta. Se cada símbolo que representa uma molécula nos diagramas equivale a 0,20 mol e se o volume do recipiente é 1,0 L, a constante de equilíbrio da reação representada pelo diagrama (I) é 3.



$$K_I = \frac{[AB]^2}{[A_2]^1 \times [B_2]^1} \Rightarrow K_I = \frac{(3 \times 0,20)^2}{(1 \times 0,20)^1 \times (3 \times 0,20)^1} = \frac{(3 \times 0,20) \times (3 \times 0,20)}{(1 \times 0,20)^1 \times (3 \times 0,20)^1} \Rightarrow K_I = 3$$

Segunda fase

QUÍMICA

As questões numéricas devem ser desenvolvidas sequencialmente até o final.

Constantes

Constante de Avogadro (N_A) = $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Constante de Faraday (F) = $9,65 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ A s mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ J V}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Carga elementar = $1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Constante dos gases (R) = $8,21 \times 10^{-2} \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,31 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 1,98 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Constante de Planck (h) = $6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

Velocidade da luz no vácuo = $3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Número de Euler (e) = 2,72

Definições

Pressão: 1 atm = 760 Torr = $1,01325 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} = 1,01325 \text{ bar}$

Energia: 1 J = 1 N m = $1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2} = 6,24 \times 10^{18} \text{ eV}$

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP): 0 °C e 1 atm, equivalente a um volume de um gás ideal de 22,4 L.

Condições ambientes: 25 °C e 1 atm

Condições padrão: 1 bar; concentrações das soluções = 1 mol L^{-1} (rigorosamente: atividade unitária das espécies); sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão.

(s) = sólido. (ℓ) = líquido. (g) = gás. (aq) = aquoso. (conc) = concentrado.

(ua) = unidades arbitrárias. u.m.a = unidade de massa atômica.

[X] = concentração da espécie química X em mol L^{-1} .

$\ln X = 2,3 \log X$

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)
H	1	1,01	S	16	32,06
Li	3	6,94	Cl	17	35,45
C	6	12,01	Ca	20	40,08
N	7	14,01	Cu	29	63,55
O	8	16,00	Zn	30	65,38
Na	11	22,99	Br	35	79,90
Mg	12	24,31	Os	76	190,23
Al	13	26,98	Sg	106	269

Questão 1. Considere dois líquidos voláteis, A e B, que são completamente miscíveis entre si e que formam uma solução ideal em toda a amplitude de concentrações. Esses líquidos são adicionados a um tanque fechado, inicialmente sob vácuo, e mantido em temperatura constante (T), na proporção molar 1:1. Considere que a mistura causa um abaixamento na pressão de vapor do líquido A igual a 40 Torr e que a pressão de vapor do líquido B puro é igual a 20 Torr. Determine os valores numéricos:

- da pressão de vapor do líquido A puro na temperatura T;
- da pressão de vapor da solução, depois de atingido o equilíbrio do sistema;
- da composição molar da fase vapor em equilíbrio com a fase líquida presente no tanque.

Resolução:

a) Dois líquidos voláteis A e B têm pressões de vapor P_A^0 e P_B^0 , respectivamente, quando puros. Após serem misturados (sendo miscíveis), suas pressões parciais de vapor (P_A e P_B) passarão a ser dadas (de acordo com a Lei de Raoult) por: $P_A = X_A \times P_A^0$ e $P_B = X_B \times P_B^0$.

Como a proporção molar (em temperatura constante) é 1 : 1, teremos:

$$n_A = n_B = n$$

$$n_{\text{total}} = n_A + n_B = n + n = 2n$$

$$X_A = \frac{n_A}{n_{\text{total}}} = \frac{n}{2n} = 0,5$$

$$X_B = \frac{n_B}{n_{\text{total}}} = \frac{n}{2n} = 0,5$$

De acordo com o enunciado da questão, a mistura causa um abaixamento na pressão de vapor do líquido A igual a 40 Torr. Então:

$$P_A = P_A^0 - 40 \text{ Torr (novo valor de } P_A)$$

$$X_A = 0,5$$

$$P_A = X_A \times P_A^0$$

$$P_A^0 - 40 \text{ Torr} = 0,5 \times P_A^0$$

$$P_A^0 - 0,5 \times P_A^0 = 40 \text{ Torr} \Rightarrow 0,5 \times P_A^0 = 40 \text{ Torr}$$

$$P_A^0 = \frac{40 \text{ Torr}}{0,5} = 80 \text{ Torr}$$

$$P_A^0 = 80 \text{ Torr (puro na temperatura T)}$$

b) Depois de atingido o equilíbrio do sistema:

$$P_A^0 = 80 \text{ Torr (calculada no item anterior)}$$

$$P_B^0 = 20 \text{ Torr (vide enunciado)}$$

$$X_A = X_B = 0,5$$

$$P_{\text{Total}} = P_A + P_B$$

$$P_{\text{Total}} = X_A \times P_A^0 + X_B \times P_B^0$$

$$P_{\text{Total}} = 0,5 \times 80 \text{ Torr} + 0,5 \times 20 \text{ Torr}$$

$$P_{\text{Total}} = 40 \text{ Torr} + 10 \text{ Torr}$$

$$P_{\text{Total}} = 50 \text{ Torr}$$

c) Se Y representa a fração molar da fase gasosa (vapor) em equilíbrio com a fase líquida e P_{Total} a pressão total, teremos:

$$P_A = Y_A \times P_{\text{Total}} \Rightarrow X_A \times P_A^0 = Y_A \times P_{\text{Total}} \quad (\text{I})$$

$$P_B = Y_B \times P_{\text{Total}} \Rightarrow X_B \times P_B^0 = Y_B \times P_{\text{Total}} \quad (\text{II})$$

Dividindo (I) por (II):

$$\frac{X_A \times P_A^0}{X_B \times P_B^0} = \frac{Y_A \times P_{\text{Total}}}{Y_B \times P_{\text{Total}}}$$

$$\frac{0,5 \times 80 \text{ Torr}}{0,5 \times 20 \text{ Torr}} = \frac{Y_A \times 50 \text{ Torr}}{Y_B \times 50 \text{ Torr}} \Rightarrow \frac{Y_A}{Y_B} = 4$$

$$\begin{cases} Y_A = 4Y_B \\ Y_A + Y_B = 1 \end{cases}$$

$$4Y_B + Y_B = 1 \Rightarrow 5Y_B = 1$$

$$Y_B = \frac{1}{5} = 0,20 \Rightarrow 20 \% \text{ em mol}$$

$$Y_A = 4Y_B \Rightarrow Y_A = 4 \times 0,20 = 0,80 \Rightarrow 80 \% \text{ em mol}$$

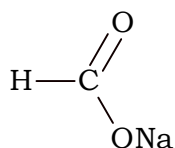
Questão 2. O ácido fórmico pode ser obtido por meio de uma reação de duas etapas. Na primeira etapa, em temperatura de 200 °C e pressão de 10 atm, monóxido de carbono e hidróxido de sódio reagem. Na segunda, o produto dessa primeira etapa reage com ácido sulfúrico, formando-se o ácido fórmico.

Sobre esse processo, apresente:

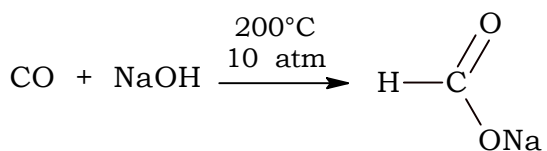
- a fórmula estrutural do produto gerado na primeira etapa;
- a equação química balanceada da primeira etapa;
- a equação química balanceada da segunda etapa.

Resolução:

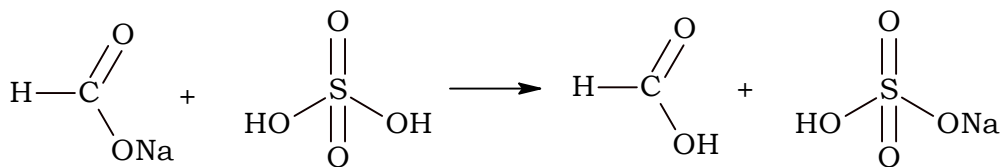
a) Fórmula estrutural do produto gerado na primeira etapa (formiato de sódio ou metanoato de sódio):



b) Equação química balanceada da primeira etapa:



c) Equação química balanceada da segunda etapa:



ou



ou



Questão 3. Um determinado sistema consiste em dois sólidos, A e B, cada qual com uma quantidade igual a 1 mol. Considere que os sólidos estão fisicamente separados, mas em contato térmico por meio de uma parede condutora de calor, a qual garante que estejam em equilíbrio térmico em todos os instantes. A temperatura inicial desse sistema é igual a -10°C . O sistema é aquecido até atingir a temperatura de 20°C . A temperatura de fusão de A é igual a 0°C e a de B é igual a 10°C . Considere ainda os dados a seguir.

- I. Variação de entalpia de fusão, de A, $\Delta H_{\text{fusão}}(\text{A}) = 1 \text{ kJ mol}^{-1}$, e de B, $\Delta H_{\text{fusão}}(\text{B}) = 2 \text{ kJ mol}^{-1}$;
- II. Capacidade calorífica molar sob pressão constante, de A sólido, $C_{p,\text{sólido}}(\text{A}) = 30 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, e de B sólido, $C_{p,\text{sólido}}(\text{B}) = 20 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$;
- III. Capacidade calorífica molar sob pressão constante, de A líquido, $C_{p,\text{líquido}}(\text{A}) = 50 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, e de B líquido, $C_{p,\text{líquido}}(\text{B}) = 100 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Desenhe um gráfico da temperatura do sistema, em $^\circ\text{C}$, em função da quantidade de calor fornecida, em kJ, indicando o fenômeno físico e o valor numérico da quantidade de calor fornecida em cada etapa do processo de aquecimento, até a temperatura final ser atingida.

Resolução:

O calor necessário para aumentar a temperatura de 1 mol de um determinado sólido, à pressão constante, em 1 Kelvin ou 1°C é conhecido como capacidade calorífica molar (C_p).

Fornecendo-se q Joules de calor a n mols de um sólido, haverá aumento de temperatura ΔT ($T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$) e podemos expressar esta ideia da seguinte maneira: $q = n \times C_p \times \Delta T$.

O calor envolvido na mudança de fase (estado de agregação) é dado por $q' = n \times \Delta H_{\text{fusão}}$.

(I) Intervalo de temperatura: -10°C a 0°C .

	n (mol)	$C_{p, \text{sólido}}$	$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$ ($\Delta K = \Delta^\circ\text{C}$)	$\Delta H_{\text{aquecimento}}$ ($n \times C_p \times \Delta T$)
A Sólido	1	$30 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ou $30 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$273 \text{ K} - 263 \text{ K}$ (10 K)	$1 \text{ mol} \times 30 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 10 \text{ K}$ (0,30 kJ)
B Sólido	1	$20 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ou $20 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$273 \text{ K} - 263 \text{ K}$ (10 K)	$1 \text{ mol} \times 20 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 10 \text{ K}$ (0,20 kJ)
				$\Delta H_{\text{aquecimento total}} = 0,30 \text{ kJ} + 0,20 \text{ kJ}$ $\Delta H_{\text{aquecimento total}} = 0,50 \text{ kJ}$

(II) Mudança de estado de agregação (fusão) de A a 0°C .

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$\Delta H_{\text{fusão}} (\text{A}) = 1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{fusão}} (\text{A}) = 1 \text{ kJ}$$

$$0,50 \text{ kJ} + 1 \text{ kJ} = 1,5 \text{ kJ}$$

Intervalo : 0,50 kJ a 1,5 kJ.

(III) Intervalo de temperatura: 0°C a 10°C .

	n (mol)	$C_{p, \text{líquido}}$ e $C_{p, \text{sólido}}$	$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$ ($\Delta K = \Delta^\circ\text{C}$)	$\Delta H_{\text{aquecimento}}$ ($n \times C_p \times \Delta T$)
A Líquido	1	$50 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ou $50 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$273 \text{ K} - 263 \text{ K}$ (10 K)	$1 \text{ mol} \times 50 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 10 \text{ K}$ (0,50 kJ)
B Sólido	1	$20 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ou $20 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	$273 \text{ K} - 263 \text{ K}$ (10 K)	$1 \text{ mol} \times 20 \times 10^{-3} \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 10 \text{ K}$ (0,20 kJ)
				$\Delta H_{\text{aquecimento total}} = 0,50 \text{ kJ} + 0,20 \text{ kJ}$ $\Delta H_{\text{aquecimento total}} = 0,70 \text{ kJ}$

$$1,5 \text{ kJ} + 0,70 \text{ kJ} = 2,2 \text{ kJ}$$

Intervalo : 1,5 kJ a 2,2 kJ.

(IV) Mudança de estado de agregação (fusão) de B a 10 °C.

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$\Delta H_{\text{fusão}}(\text{B}) = 2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{fusão}}(\text{B}) = 2 \text{ kJ}$$

$$2,2 \text{ kJ} + 2 \text{ kJ} = 4,2 \text{ kJ}$$

Intervalo : 2,2 kJ a 4,2 kJ.

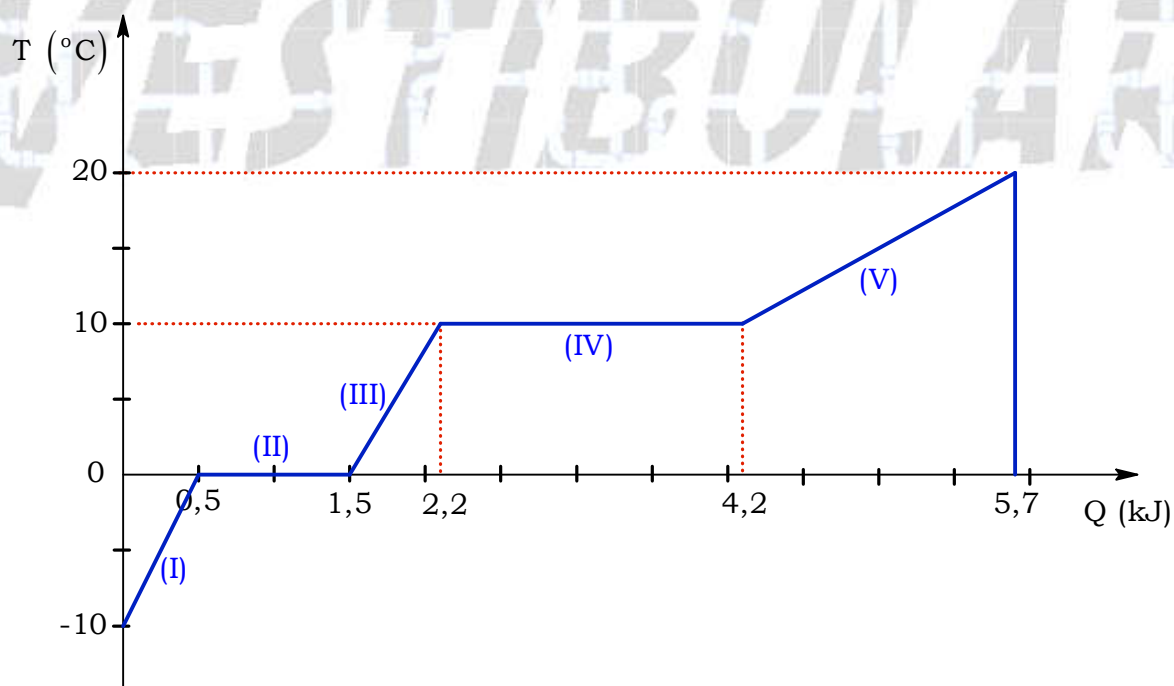
(V) Intervalo de temperatura: 10 °C a 20 °C.

	n (mol)	$C_{p, \text{ líquido}}$	$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$ ($\Delta K = \Delta ^\circ\text{C}$)	$\Delta H_{\text{aquecimento}}$ ($n \times C_p \times \Delta T$)
A Líquido	1	50 J mol ⁻¹ K ⁻¹ ou 50 × 10 ⁻³ kJ mol ⁻¹ K ⁻¹	293 K – 283 K (10 K)	1 mol × 50 × 10 ⁻³ kJ mol ⁻¹ K ⁻¹ × 10 K (0,50 kJ)
B Líquido	1	100 J mol ⁻¹ K ⁻¹ ou 100 × 10 ⁻³ kJ mol ⁻¹ K ⁻¹	293 K – 283 K (10 K)	1 mol × 100 × 10 ⁻³ kJ mol ⁻¹ K ⁻¹ × 10 K (1,0 kJ)
				$\Delta H_{\text{aquecimento total}} = 0,50 \text{ kJ} + 1,0 \text{ kJ}$ $\Delta H_{\text{aquecimento total}} = 1,5 \text{ kJ}$

$$4,2 \text{ kJ} + 1,5 \text{ kJ} = 5,7 \text{ kJ}$$

Intervalo : 4,2 kJ a 5,7 kJ.

Gráfico da temperatura do sistema, em °C, em função da quantidade de calor fornecida, em kJ, indicando o fenômeno físico e o valor numérico da quantidade de calor fornecida em cada etapa do processo de aquecimento, até a temperatura final ser atingida:



Questão 4. Duas soluções aquosas, contendo os cátions genéricos, A^+ e B^+ , são preparadas com as concentrações iniciais descritas a seguir.

Solução 1: $[A^+] = 2 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ e $[B^+] = 1 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.

Solução 2: $[A^+] = 5 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ e $[B^+] = 1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

A cada uma dessas soluções são adicionadas quantidades progressivas de um ânion C^- , sem variação significativa do volume das soluções. Considere que os produtos de solubilidade dos sólidos $AC(s)$ e $BC(s)$ são iguais a 1×10^{-7} e 1×10^{-9} , respectivamente.

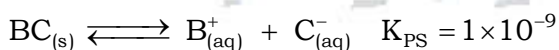
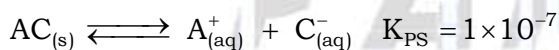
Com base nessas informações, determine o que se pede para a **solução 1** e para a **solução 2**.

a) Qual sólido será formado primeiro com a adição progressiva de C^- a cada uma das soluções? Justifique a sua resposta.

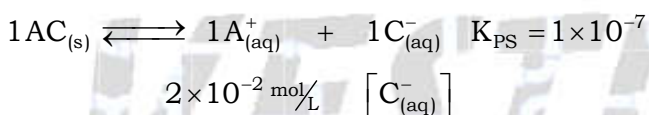
b) Conforme C^- é progressivamente adicionado, o segundo sólido começa a se formar. Nesse momento, qual é a concentração em solução do cátion desse primeiro sólido precipitado em cada solução?

Resolução:

a) Equações dos equilíbrios citados no enunciado a volume, praticamente, constante:



Solução 1:

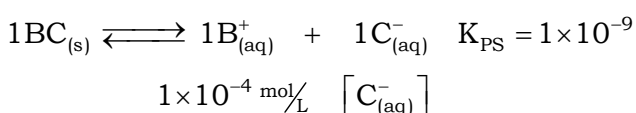


$$K_{PS} \leq [A^+_{(aq)}] \times [C^-_{(aq)}] \quad (\text{limite da precipitação})$$

$$1 \times 10^{-7} \leq 2 \times 10^{-2} \times [C^-_{(aq)}]$$

$$\frac{1 \times 10^{-7}}{2 \times 10^{-2}} \leq [C^-_{(aq)}]$$

$$[C^-_{(aq)}]_{AC \text{ (limite)}} = 5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$



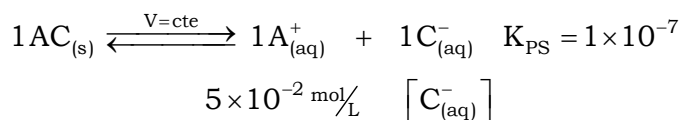
$$K_{PS} \leq [B^+_{(aq)}] \times [C^-_{(aq)}] \quad (\text{limite da precipitação})$$

$$1 \times 10^{-9} \leq 1 \times 10^{-4} \times [C^-_{(aq)}]$$

$$[C^-_{(aq)}]_{BC \text{ (limite)}} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$[C^-_{(aq)}]_{AC \text{ (limite)}} < [C^-_{(aq)}]_{BC \text{ (limite)}} \Rightarrow AC \text{ precipita primeiro.}$$

Solução 2:

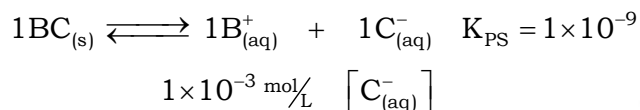


$$K_{PS} \leq [A_{(aq)}^+] \times [C_{(aq)}^-] \quad (\text{limite da precipitação})$$

$$1 \times 10^{-7} \leq 5 \times 10^{-2} \times [C_{(aq)}^-]$$

$$\frac{1 \times 10^{-7}}{5 \times 10^{-2}} \leq [C_{(aq)}^-]$$

$$[C_{(aq)}^-]_{AC \text{ (limite)}} = 2 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$



$$K_{PS} \leq [B_{(aq)}^+] \times [C_{(aq)}^-] \quad (\text{limite da precipitação})$$

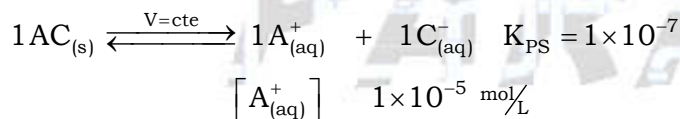
$$1 \times 10^{-9} \leq 1 \times 10^{-3} \times [C_{(aq)}^-]$$

$$[C_{(aq)}^-]_{BC \text{ (limite)}} = 1 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$[C_{(aq)}^-]_{BC \text{ (limite)}} < [C_{(aq)}^-]_{AC \text{ (limite)}} \Rightarrow BC \text{ precipita primeiro.}$$

b) Solução 1:

$$[C_{(aq)}^-]_{BC \text{ (limite)}} = 1 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \Rightarrow BC \text{ precipita depois de AC}$$



$$K_{PS} = [A_{(aq)}^+] \times [C_{(aq)}^-]$$

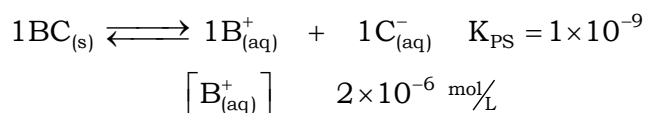
$$1 \times 10^{-7} = [A_{(aq)}^+] \times 1 \times 10^{-5}$$

$$[A_{(aq)}^+] = \frac{1 \times 10^{-7}}{1 \times 10^{-5}}$$

$$[A_{(aq)}^+] = 1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

Solução 2:

$$[C_{(aq)}^-]_{AC \text{ (limite)}} = 2 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \Rightarrow AC \text{ precipita depois de BC}$$



$$K_{PS} = [B_{(aq)}^+] \times [C_{(aq)}^-]$$

$$1 \times 10^{-9} = [B_{(aq)}^+] \times 2 \times 10^{-6}$$

$$[B_{(aq)}^+] = \frac{1 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-6}}$$

$$[B_{(aq)}^+] = 5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Questão 5. Uma amostra de 5,480 g de uma mistura de óxido e carbonato de um mesmo metal (com um estado de oxidação igual a +2 nesses compostos) é completamente dissolvida em excesso de ácido clorídrico. Nesse processo, 0,448 L (condições normais) de gás são liberados. Com base nessas informações, determine os valores numéricos

- a) da composição da mistura, em frações mássicas, se a quantidade em mol de carbonato na mistura é duas vezes maior do que a quantidade do óxido;
- b) da concentração molar do sal formado na solução resultante, se o volume final da dissolução é igual a 200 mL.

Resolução:

a) Óxido do metal M (Nox = +2): $\overset{+2}{\text{M}} \overset{-2}{\text{O}}$.

Carbonato do metal M (Nox = +2): $\overset{+2}{\text{M}} \overset{-2}{\text{CO}_3}$

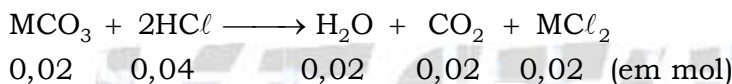
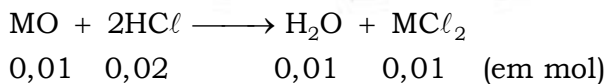
$$V_{\text{Gás liberado}} = 0,448 \text{ L}$$

$$n_{\text{Gás liberado}} = \frac{0,448 \text{ L}}{22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,02 \text{ mol}$$

Equações:

$y = 2x$ (quantidade em mol de carbonato (y) é duas vezes a do óxido (x))

$$y = 0,02 \Rightarrow 0,02 = 2x \Rightarrow x = 0,01$$



$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \times M$$

$$m_{\text{MO}} + m_{\text{MCO}_3} = 5,480 \text{ g}$$

$$0,01 \times M_{\text{MO}} + 0,02 \times M_{\text{MCO}_3} = 5,480$$

$$0,01 \times (M + 16) + 0,02 \times (M + 60) = 5,480$$

$$0,01M + 0,16 + 0,02M + 1,2 = 5,480$$

$$0,03M = 4,12 \Rightarrow M = \frac{4,12}{0,03} = 137,33$$

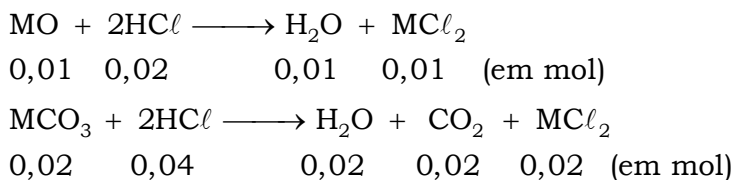
$$m_{\text{MO}} = 0,01 \times (M + 16)$$

$$m_{\text{MO}} = 0,01 \times (137,33 + 16) = 1,53 \text{ g} \Rightarrow \text{Fração}_{\text{MO}} = \frac{1,53 \text{ g}}{5,480} = 0,279 \Rightarrow 27,9\% \approx 28\%$$

$$m_{\text{MCO}_3} = 0,02 \times (M + 60)$$

$$m_{\text{MCO}_3} = 0,02 \times (137,33 + 60) = 3,95 \text{ g} \Rightarrow \text{Fração}_{\text{MCO}_3} = \frac{3,95 \text{ g}}{5,480} = 0,721 \Rightarrow 72,1\% \approx 72\%$$

b) Concentração molar do sal formado (MCl_2) na solução resultante:



$$n_{MCl_2} = 0,01 \text{ mol} + 0,02 \text{ mol} = 0,03 \text{ mol}$$

$$V = 200 \text{ mL} = 0,2 \text{ L}$$

$$[MCl_2] = \frac{n_{MCl_2}}{V} = \frac{0,03 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}}$$

$$[MCl_2] = 0,15 \text{ mol/L}$$

Questão 6. Suponha que, em medições experimentais realizadas no espaço sideral, foi descoberto um sistema formado de gás hidrogênio atômico excitado. A energia desse hidrogênio excitado é igual a $-0,34 \text{ meV}$, fazendo com que o sistema emita um espectro de ondas eletromagnéticas de forma aparentemente contínua. Considere o modelo do átomo proposto por Bohr para descrever esse sistema.

Considere, ainda, que a energia do átomo de hidrogênio no estado fundamental é $-13,6 \text{ eV}$ e que o raio do átomo de hidrogênio no estado fundamental é igual a 53 pm .

Acerca desse sistema, determine o que se pede a seguir.

- a)** Qual é o nível de energia no qual os átomos de hidrogênio excitados se encontram?
- b)** Qual é o raio da órbita do elétron ao redor do próton nesses átomos de hidrogênio?
- c)** Qual é a razão entre a velocidade do elétron do átomo de hidrogênio no estado fundamental e no estado excitado?

Resolução:

a) De acordo com Böhr, a dependência entre Z (carga nuclear do hidrogênio) e n (nível de energia) é dada por:

$$E = -R \left(\frac{Z^2}{n^2} \right); \text{ onde } R \text{ e } Z \text{ são constantes.}$$

Então :

$$E_{\text{fundamental}} = -R \left(\frac{Z^2}{(n_{\text{fundamental}})^2} \right) \quad \text{(I)}$$

$$E_{\text{excitado}} = -R \left(\frac{Z^2}{(n_{\text{excitado}})^2} \right) \quad \text{(II)}$$

Dividindo (I) por (II), vem:

$$\frac{E_{\text{fundamental}}}{E_{\text{excitado}}} = \frac{-R \left(\frac{Z^2}{(n_{\text{fundamental}})^2} \right)}{-R \left(\frac{Z^2}{(n_{\text{excitado}})^2} \right)} \Rightarrow \frac{E_{\text{fundamental}}}{E_{\text{excitado}}} = \frac{(n_{\text{excitado}})^2}{(n_{\text{fundamental}})^2}$$

$n_{\text{fundamental}} = 1$ (primeiro nível energético)

$$\frac{E_{\text{fundamental}}}{E_{\text{excitado}}} = \frac{(n_{\text{excitado}})^2}{(1)^2} \Rightarrow n_{\text{excitado}} = \sqrt{\frac{E_{\text{fundamental}}}{E_{\text{excitado}}}}$$

$$E_{\text{fundamental}} = -13,6 \text{ eV}$$

$$E_{\text{excitado}} = -0,34 \text{ meV} = -0,34 \times 10^{-3} \text{ eV}$$

$$n_{\text{excitado}} = \sqrt{\frac{-13,6 \text{ eV}}{-0,34 \times 10^{-3} \text{ eV}}} \Rightarrow n_{\text{excitado}} = \sqrt{\frac{136 \times 10^{-1}}{34 \times 10^{-5}}} = \sqrt{4 \times 10^4}$$

$$n_{\text{excitado}} = 200$$

b) De acordo com Bóhr, o raio pode ser dado por:

$$r = \frac{n^2 \times h^2}{4\pi^2 \times m_e \times Z}$$

$$r_{\text{excitado}} = \frac{(n_{\text{excitado}})^2 \times h^2}{4\pi^2 \times m_e \times Z} \quad (\text{I})$$

$$r_{\text{fundamental}} = \frac{(n_{\text{fundamental}})^2 \times h^2}{4\pi^2 \times m_e \times Z} \quad (\text{II})$$

$$n_{\text{excitado}} = 200; n_{\text{fundamental}} = 1$$

$$r_{\text{fundamental}} = 53 \text{ pm}$$

Dividindo (I) por (II), vem:

$$\frac{r_{\text{excitado}}}{53 \text{ pm}} = \frac{\left(\frac{(200)^2 \times h^2}{4\pi^2 \times m_e \times Z} \right)}{\left(\frac{(1)^2 \times h^2}{4\pi^2 \times m_e \times Z} \right)} \Rightarrow \frac{r_{\text{excitado}}}{53 \text{ pm}} = 40000$$

$$r_{\text{excitado}} = 40000 \times 53 \text{ pm} = 2120000 \text{ pm}$$

$$r_{\text{excitado}} = 2,12 \times 10^6 \text{ pm}$$

c) De uma maneira simplificada, pode-se utilizar o cálculo do momento angular do elétron

quantizado em unidades $\frac{h}{2\pi}$:

h : constante de Planck; e : carga do elétron; Z : carga do núcleo; r : raio

$$\left. \begin{aligned} F_{\text{Coulomb}} &= \frac{Z \times e^2}{r^2} \\ F_{\text{Centripeta}} &= \frac{m_e \times v^2}{r} \end{aligned} \right\} F_{\text{Coulomb}} = F_{\text{Centripeta}}$$

$$\frac{Z \times e^2}{r^2} = \frac{m_e \times v^2}{r} \Rightarrow m_e \times v^2 = \frac{Z \times e^2}{r} \quad (\text{I})$$

$$\underbrace{m_e \times v \times r}_{\text{Momento angular}} = \frac{n \times h}{2\pi} \quad (\text{II})$$

Dividindo (I) por (II), vem:

$$\frac{m_e \times v^2}{m_e \times v \times r} = \frac{\left(\frac{Z \times e^2}{r}\right)}{\left(\frac{n \times h}{2\pi}\right)} \Rightarrow v = \frac{2\pi \times Z \times e^2}{n \times h}$$

$$v_{\text{fundamental}} = \frac{2\pi \times Z \times e^2}{n_{\text{fundamental}} \times h} \quad (\text{III})$$

$$v_{\text{excitado}} = \frac{2\pi \times Z \times e^2}{n_{\text{excitado}} \times h} \quad (\text{IV})$$

Dividindo (III) por (IV), vem:

$$\frac{v_{\text{fundamental}}}{v_{\text{excitado}}} = \frac{\left(\frac{2\pi \times Z \times e^2}{n_{\text{fundamental}} \times h}\right)}{\left(\frac{2\pi \times Z \times e^2}{n_{\text{excitado}} \times h}\right)} \Rightarrow \frac{v_{\text{fundamental}}}{v_{\text{excitado}}} = \frac{n_{\text{excitado}}}{n_{\text{fundamental}}}$$

$$n_{\text{excitado}} = 200; n_{\text{fundamental}} = 1$$

$$\frac{v_{\text{fundamental}}}{v_{\text{excitado}}} = \frac{200}{1} \Rightarrow \frac{v_{\text{fundamental}}}{v_{\text{excitado}}} = 200$$

Questão 7. A primeira determinação experimental do tamanho de um núcleo foi feita a partir dos resultados do espalhamento de Rutherford de partículas α . Os resultados evidenciaram uma dependência entre o raio nuclear (R) e o número de massa (A), através da relação:

$$R = R_0 A^{1/3},$$

em que R_0 é uma constante.

Com base nessas informações, calcule o valor numérico:

- da densidade nuclear para o ${}_{29}\text{Cu}^{63}$, considerando que o raio para ${}_{30}\text{Zn}^{64}$ é $4,8 \times 10^{-15}$ m;
- da razão entre os raios nucleares do isótopo de magnésio ${}_{12}\text{Mg}^{24}$ e do isótopo de ósmio ${}_{76}\text{Os}^{192}$;
- da densidade nuclear para o seabórgio ${}_{106}\text{Sg}^{271}$, comparando-a com o valor da densidade nuclear do ${}_{29}\text{Cu}^{63}$ obtida no item (a) acima.

Resolução:

a) Supondo-se o átomo esférico, vem:

$$u: \text{unidade de massa atômica}; R = R_0 \times A^{1/3}$$

$$V = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3 \Rightarrow V = \frac{4}{3} \times \pi \times (R_0 \times A^{1/3})^3 \Rightarrow V = \frac{4}{3} \times \pi \times R_0^3 \times A$$

$$d_{\text{nuclear}} = \frac{m_{\text{núcleo}}}{V} = \frac{A (u)}{V}$$

$$d_{\text{nuclear}} = \frac{A (u)}{V} = \frac{A (u)}{\frac{4}{3} \times \pi \times R_0^3 \times A} \Rightarrow d_{\text{nuclear}} = \frac{3(u)}{4 \times \pi \times R_0^3}$$

Conclusão: a densidade nuclear não depende do número de massa (A).

Cálculo de R_0 (coeficiente empírico, o mesmo para todos os átomos analisados) e $d_{\text{nuclear}} (\text{Cu})$:

$${}_{30}\text{Zn}^{64} \Rightarrow A = 64$$

$$R = 4,8 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$R = R_0 A^{1/3}$$

$$R_0 = \frac{R}{A^{1/3}} \Rightarrow R_0 = \frac{4,8 \times 10^{-15} \text{ m}}{\sqrt[3]{64}}$$

$$R_0 = \frac{4,8 \times 10^{-15} \text{ m}}{4} = 1,2 \times 10^{-15} \text{ m}$$

$$d_{\text{nuclear}} (\text{Cu}) = \frac{3(u)}{4 \times \pi \times R_0^3}$$

$$d_{\text{nuclear}} (\text{Cu}) = \frac{3(u)}{4 \times \pi \times (1,2 \times 10^{-15} \text{ m})^3} = \frac{3(u)}{4 \times 3,14 \times 1,2^3 \times 10^{-45} \text{ m}^3}$$

$$1 \text{ g} \text{ — } 6,02 \times 10^{23} \text{ u}$$

$$\text{m} \text{ — } 1 \text{ u}$$

$$\text{m} = \frac{1 \text{ g} \times 1 \text{ u}}{6,02 \times 10^{23} \text{ u}} = 0,166 \times 10^{-23} \text{ g} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg} \Rightarrow 1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$d_{\text{nuclear}} (\text{Cu}) = \frac{3 \times 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}}{4 \times 3,14 \times 1,2^3 \times 10^{-45} \text{ m}^3} = 0,229 \times 10^{18} \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$d_{\text{nuclear}} (\text{Cu}) = 2,3 \times 10^{17} \text{ kg} / \text{m}^3$$

b) Cálculo da razão entre os raios nucleares do isótopo de magnésio ${}_{12}\text{Mg}^{24}$ e do isótopo de ósmio ${}_{76}\text{Os}^{192}$:

$$R = R_0 A^{1/3}$$

$$R_{\text{Mg}} = R_0 \times 24^{1/3}; R_{\text{Os}} = R_0 \times 192^{1/3}$$

$$\frac{R_{\text{Mg}}}{R_{\text{Os}}} = \frac{R_0 \times 24^{1/3}}{R_0 \times 192^{1/3}} \Rightarrow \frac{R_{\text{Mg}}}{R_{\text{Os}}} = \sqrt[3]{\frac{24}{192}} \Rightarrow \frac{R_{\text{Mg}}}{R_{\text{Os}}} = \sqrt[3]{\frac{1}{8}}$$

$$\frac{R_{\text{Mg}}}{R_{\text{Os}}} = \frac{1}{2} = 0,5$$

c) Como a densidade nuclear não depende do número de massa (A), tem-se:

$$d_{\text{nuclear}} (\text{Sg}) = d_{\text{nuclear}} (\text{Cu}) = 2,3 \times 10^{17} \text{ kg} / \text{m}^3$$

Questão 8. O método de obtenção de magnésio metálico consiste nas seguintes etapas:

I. Uma amostra de carbonato de cálcio sólido é aquecida a altas temperaturas, formando um produto sólido A e um gasoso B.

II. Em seguida, o sólido A é tratado com água do mar, formando-se um hidróxido pouco solúvel que se ioniza formando os produtos C e D.

III. Os ânions D reagem com cátions Mg^{2+} da água do mar. O resultado é um precipitado E.

IV. O composto E é separado por filtração e dissolvido por meio da adição de uma solução aquosa de ácido clorídrico.

V. A seguir, o solvente da solução é evaporado, obtendo-se o sal iônico F seco.

VI. Finalmente, o sal F é submetido a uma eletrólise ígnea.

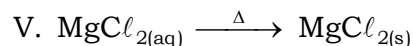
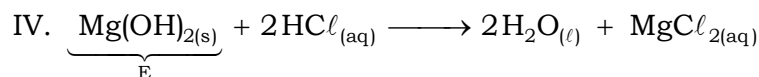
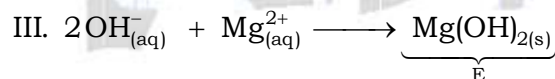
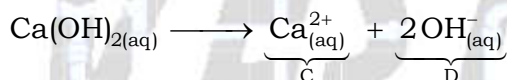
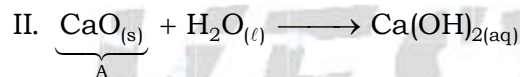
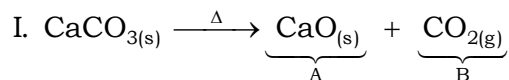
Determine o que se pede.

a) Apresente as equações químicas balanceadas que representam as reações, identificando os produtos A, B, C, D, E e F formados.

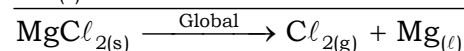
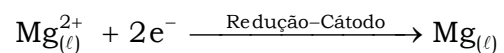
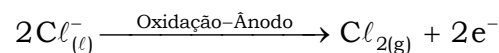
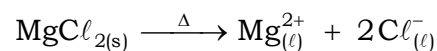
b) Em relação à eletrólise ígnea, mostre as semiequações que representam as semirreações que ocorreram no anodo e no catodo, assim como a reação global.

Resolução:

a) Etapas:



b) Eletrólise do cloreto de magnésio ($\text{MgCl}_{2(s)}$):



Questão 9. Apresente os compostos orgânicos formados a partir das reações do etanoato de metila com os seguintes reagentes:

I. solução aquosa de ácido clorídrico.

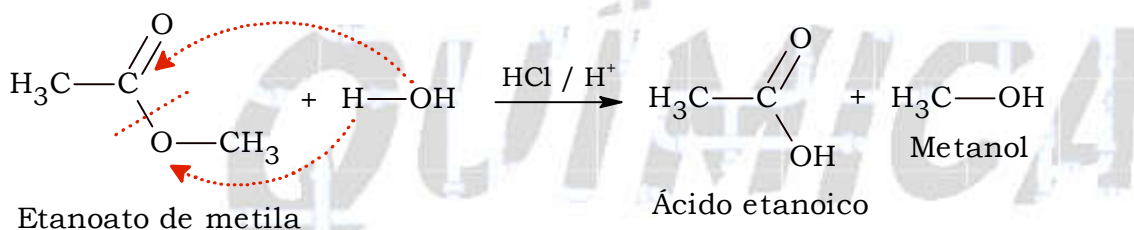
II. solução aquosa de hidróxido de sódio.

III. amônia gasosa.

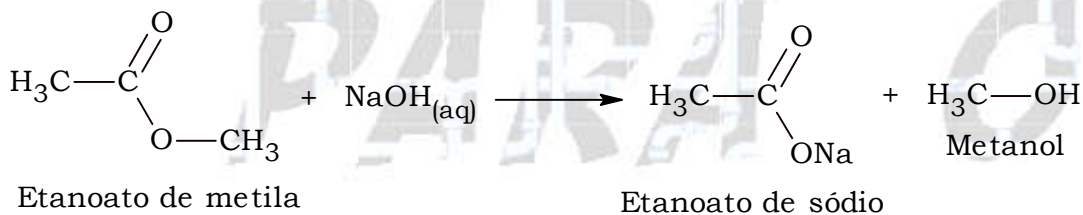
IV. $\text{Li}(\text{AlH}_4)$ dissolvido em dietil éter, seguido da adição de uma solução aquosa ácida.

Resolução:

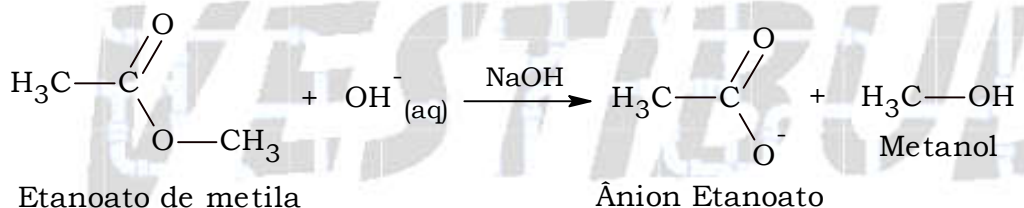
I. Etanoato de metila com solução aquosa (H_2O) de ácido clorídrico (HCl).



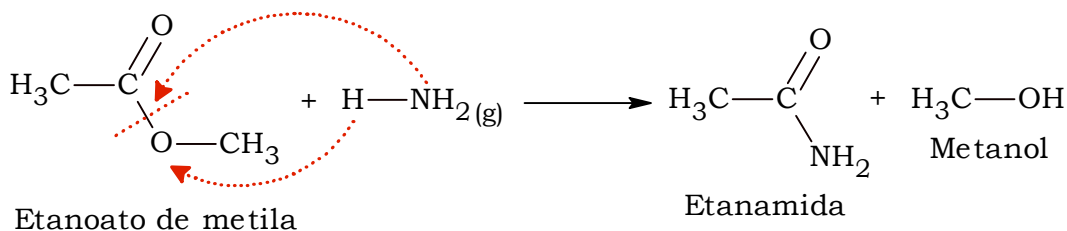
II. Etanoato de metila com solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH).



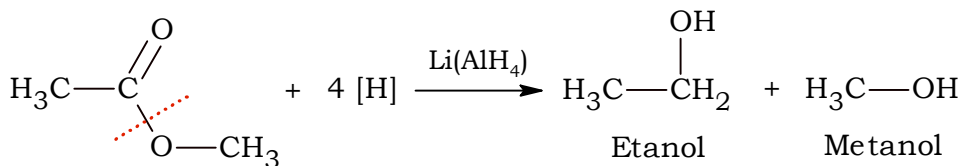
ou



III. Etanoato de metila com amônia gasosa (NH_3).



IV. Etanoato de metila com $\text{Li}(\text{AlH}_4)$ dissolvido em dietil éter, seguido da adição de uma solução aquosa ácida.



Etanoato de metila

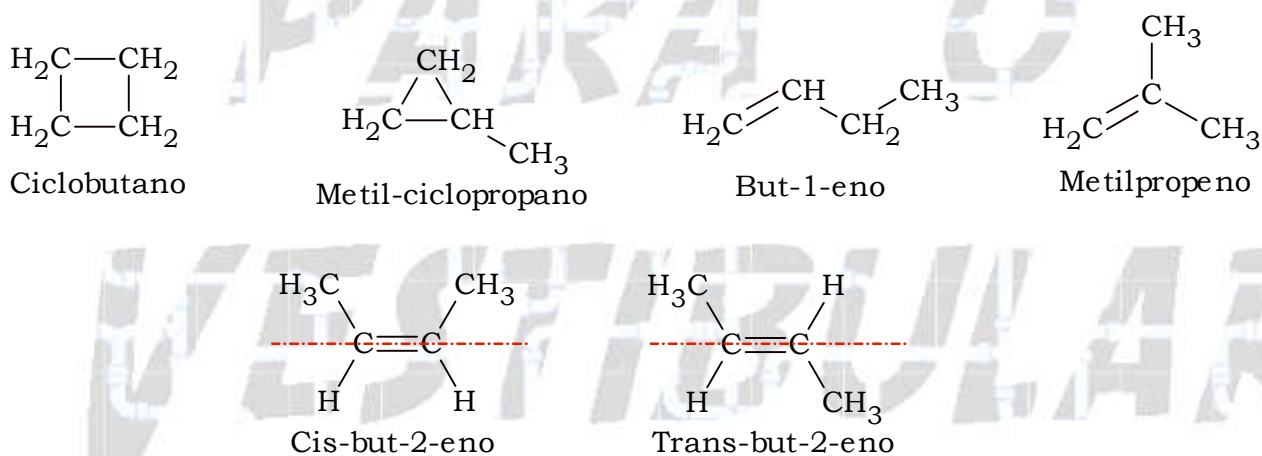
Questão 10. Considere o composto de fórmula C_4H_8 .

Apresente:

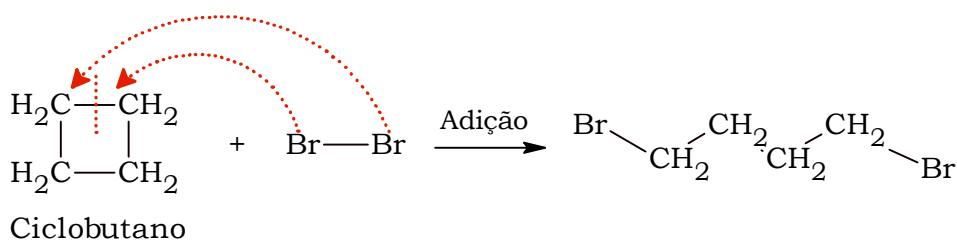
- a) os seis isômeros estruturais e geométricos;
- b) a fórmula estrutural dos produtos dibromados formados nas reações de cada um desses seis isômeros com Br_2 . Considere que as condições das reações são adequadas para que ocorram de forma completa e produtos dibromados sejam gerados.

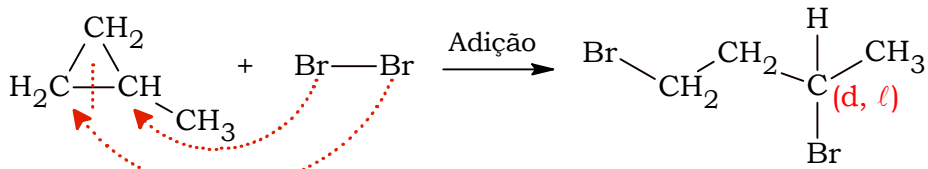
Resolução:

a) Seis isômeros estruturais e geométricos (C_4H_8 ; $n = 4$; C_nH_{2n}):

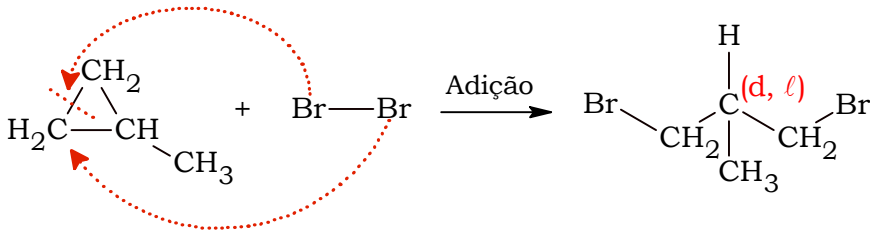


b) Fórmulas estruturais dos produtos dibromados formados nas reações de cada um desses seis isômeros com Br_2 :

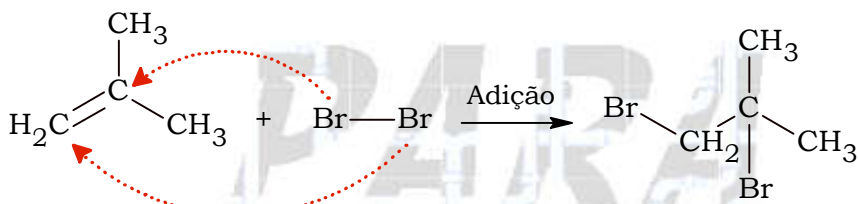
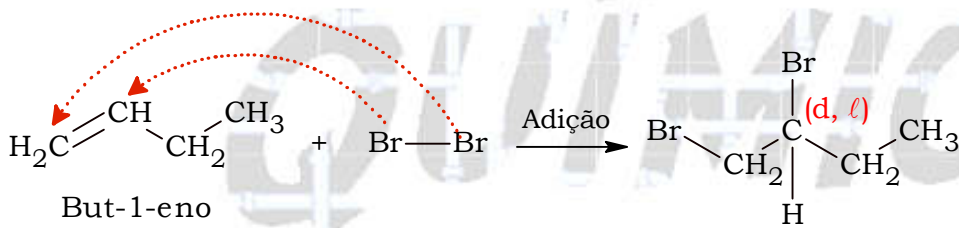




Metil-ciclopropano



Metil-ciclopropano



Metilpropeno

