

Primeira fase e Segunda fase

Matemática, Física, **Química** e Inglês

INSTRUÇÕES

1. Esta prova tem duração de **cinco horas**.
2. Não é permitido deixar o local de exame antes de decorridas **duas horas** do início da prova.
3. Você poderá usar **apenas** caneta esferográfica de corpo transparente com tinta preta, lápis ou lapiseira, borracha, régua transparente simples transparente e compasso. Qualquer outro material escolar é **proibido**.
4. Esta prova é composta de **48 questões de múltipla escolha**, numeradas de 01 a 48, sendo 12 questões de Matemática, 12 de Física, 12 de Química e 12 de Inglês. A nota de cada disciplina é independente. As pontuações de Matemática, Física e Química compõem a média da 1ª fase.
5. Você recebeu este **caderno de questões e uma folha de leitura óptica** que deverão ser devolvidos no final da prova.
6. Cada questão possui **apenas uma** resposta correta.
7. A folha de leitura óptica deve ser preenchida **exclusivamente** com caneta preta de corpo transparente. Preencha completamente o campo correspondente à alternativa escolhida, sem ultrapassar seus limites, conforme instruções presentes na folha.
8. **Atenção:** a folha de leitura óptica não será substituída em caso de erro. Não haverá tempo extra para seu preenchimento.
9. A devolução do caderno de questões e da folha de leitura óptica é **obrigatória**. O não cumprimento dessa regra acarretará em desclassificação.
10. O gabarito será disponibilizado em 09/10/2025 no site do ITA: www.vestibular.ita.br.
11. Aguarde o aviso para iniciar a prova. Ao terminar, comunique o fiscal e permaneça em seu lugar até receber autorização para sair.

Constantes

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

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

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

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

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

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

Número de Euler (e) = 2,72

Definições

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

Energia : 1 J = 1 N · m = 1 kg · m² · 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

ln 2 = 0,693

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)
H	1	1,01	Mn	25	54,94
C	6	12,01	Fe	26	55,85
N	7	14,01	Cu	29	63,55
O	8	16,00	Se	34	78,97
F	9	19,00	Br	35	79,90
Na	11	22,99	Rb	37	85,47
Mg	12	24,31	Sr	38	87,62
P	15	30,97	Nb	41	92,91
S	16	32,06	I	53	126,90
Cl	17	35,45	Au	79	196,97
K	19	39,10	Hg	80	200,59

Questão 25. Um grupo de pesquisadores está testando um novo catalisador heterogêneo para oxidação de um poluente orgânico. Na ausência de catalisador, a constante de velocidade é igual a $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ a 310 K, e a energia de ativação é $85 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Na presença do catalisador, a constante de velocidade da reação a 310 K aumenta 10 vezes.

Considerações: **i)** o fator pré-exponencial e a ordem de reação não se alteram com a adição do catalisador; e **ii)** a concentração inicial do poluente é de $0,200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Assinale a alternativa que melhor representa, respectivamente, a energia de ativação e o tempo necessário para que a concentração do poluente caia para $0,050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ na presença do catalisador.

A () $79 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 69 s.

B () $66 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 69 s.

C () $72 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 75 s.

D () $66 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 75 s.

E () $79 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; 75 s.

Resolução: alternativa A

Svante Arrhenius deduziu, verificou e desenvolveu a equação abaixo, como um modelo geral, com o intuito de explicar a cinética química das reações.

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

A é o fator pré-exponencial.

E_{at} : energia de ativação; R: constante dos gases; T: temperatura (Kelvin)

Aplicando a equação em ausência de catalisador (A) e na presença de catalisador (B), vem:

$$k_B = 10 \times k_A$$

$$\begin{cases} k_A = A \times e^{\left(-\frac{E_{at}(A)}{R \times T}\right)} \\ k_B = A \times e^{\left(-\frac{E_{at}(B)}{R \times T}\right)} \end{cases} \Rightarrow \frac{k_A}{k_B} = \frac{A \times e^{\left(-\frac{E_{at}(A)}{R \times T}\right)}}{A \times e^{\left(-\frac{E_{at}(B)}{R \times T}\right)}} \Rightarrow \frac{k_A}{10 \times k_A} = \frac{A \times e^{\left(-\frac{E_{at}(A)}{R \times T}\right)}}{A \times e^{\left(-\frac{E_{at}(B)}{R \times T}\right)}}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{e^{\left(-\frac{E_{at}(A)}{R \times T}\right)}}{e^{\left(-\frac{E_{at}(B)}{R \times T}\right)}} \Rightarrow 10 = \frac{e^{\left(-\frac{E_{at}(B)}{R \times T}\right)}}{e^{\left(-\frac{E_{at}(A)}{R \times T}\right)}} \Rightarrow 10 = e^{\left(\frac{E_{at}(A)}{R \times T} - \frac{E_{at}(B)}{R \times T}\right)}$$

$$10 = e^{\left(\frac{E_{at}(A) - E_{at}(B)}{R \times T}\right)} \Rightarrow \ln 10 = \frac{E_{at}(A) - E_{at}(B)}{R \times T} \quad (\text{I})$$

Na ausência de catalisador:

$$T = 310 \text{ K}; E_{at(A)} = 85 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}; A = A; R = 8,31 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Na presença de catalisador:

$$T = 310 \text{ K}; E_{at(B)} = ?; A = A; R = 8,31 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Substituindo os valores de $E_{at(A)}$, R , T e $\ln 10$ na expressão (I), teremos:

$$\ln 10 = 2,3 \times \log 10$$

$$2,3 \times \underbrace{\log 10}_1 = \frac{85 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - E_{at(B)}}{8,31 \times 10^{-3} \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 310 \text{ K}}$$

$$E_{at(B)} = (85 - 5,92503) \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$E_{at(B)} = 79 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$t_{(1/2)} = \frac{\ln 2}{k_{cat}} \text{ (reação de primeira ordem)}$$

$$\ln 2 = 0,693$$

$$t_{(1/2)} = \frac{0,693}{10 \times 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}} = 34,65 \text{ s}$$

De acordo com o enunciado da questão a concentração do poluente deve cair de $0,200 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ para $0,050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Então:

$$0,200 \text{ mol/L} \xrightarrow{34,65 \text{ s}} 0,100 \text{ mol/L} \xrightarrow{34,65 \text{ s}} 0,050 \text{ mol/L}$$

$$t = 34,65 \text{ s} + 34,65 \text{ s} = 69,3 \text{ s}$$

$$t = 69 \text{ s}$$

Questão 26. Considere as seguintes afirmações:

I. A primeira energia de ionização do átomo de Nitrogênio é menor que a primeira energia de ionização do átomo de Oxigênio.

II. O íon Rb^+ tem menor raio iônico que o Sr^{2+} .

III. A molécula CH_2O apresenta geometria trigonal plana e é apolar.

IV. A molécula PCl_5 apresenta geometria bipirâmide trigonal e é polar.

Das afirmativas acima, está(ão) CORRETA(S)

A () apenas I.

B () apenas II e III.

C () apenas I e IV.

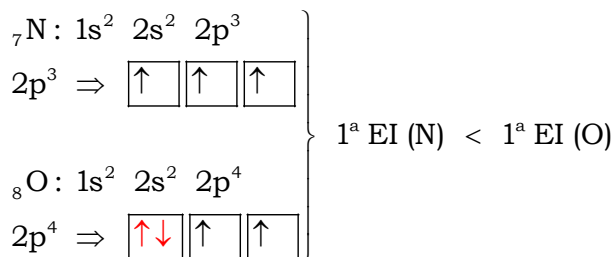
D () apenas IV.

E () nenhuma.

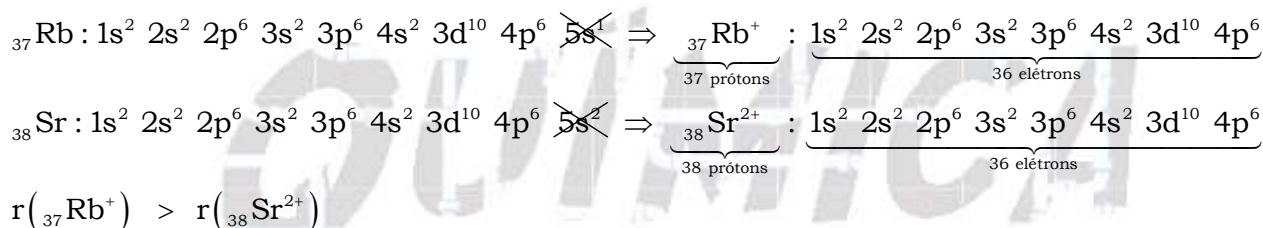
Resolução: alternativa E

I. Incorreta. A primeira energia de ionização do átomo de Nitrogênio é maior que a primeira energia de ionização do átomo de Oxigênio. Pois, o nitrogênio apresenta maior estabilidade energética, já que não apresenta elétrons emparelhados em seus orbitais do tipo p (no estado

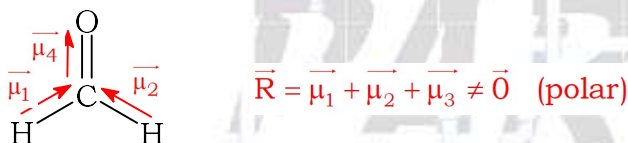
fundamental de energia). Lembrando que elétrons emparelhados apresentam repulsão, o que facilita a saída ou liberação.



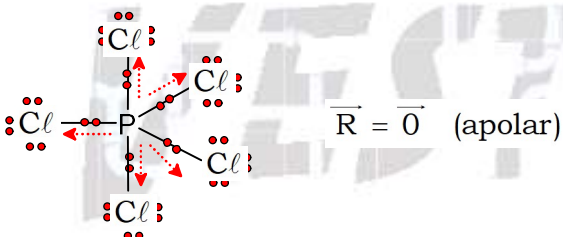
II. Incorreta. O íon Rb^+ tem maior raio iônico que o Sr^{2+} . Pois, como o número de elétrons presentes nos íons é o mesmo, quanto menor a carga nuclear, menor a atração e maior o raio iônico.



III. Incorreta. A molécula CH_2O apresenta geometria trigonal plana, porém é polar. Pois, apresenta momento dipolo elétrico resultante não nulo.



IV. Incorreta. A molécula PCl_5 apresenta geometria bipirâmide trigonal, porém é apolar. Pois, apresenta momento dipolo elétrico resultante nulo.



Questão 27. Considere duas barras **X** e **Y**, com 200 g cada, compostas por materiais hipotéticos distintos. Com o objetivo de determinar o calor específico de cada material, foram realizados os dois experimentos isobáricos a seguir:

Experimento 1: As barras **X** e **Y**, inicialmente a 230°C , foram colocadas simultaneamente em um mesmo recipiente isolado ($m = 500 \text{ g}$ e $C_p = 0,1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), que continha água ($m = 350 \text{ g}$ e $C_p = 1,0 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$), inicialmente a 25°C .

Experimento 2: A barra **X**, inicialmente a 260°C, e a barra **Y**, inicialmente a 185 °C, foram colocadas simultaneamente no mesmo recipiente isolado, que continha os mesmos 350 g de água, inicialmente a 25 °C.

Sabendo que, no início do experimento, a água e o recipiente se encontravam na mesma temperatura e que, em ambos os experimentos, o equilíbrio térmico foi atingido a 30 °C, assinale a alternativa que apresenta o calor específico (em $\text{cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) dos materiais **X** e **Y**, respectivamente.

A () 0,01 e 0,04.

B () 0,02 e 0,03.

C () 0,025 e 0,025.

D () 0,03 e 0,02.

E () 0,04 e 0,01

Resolução: alternativa D

Aplicando $Q = m \times c \times \Delta T$, para o experimento I, vem:

$$\left. \begin{array}{l} T_{\text{inicial (barras)}} = 230^\circ\text{C} \\ T_{\text{final (barras)}} = 30^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 30^\circ\text{C} - 230^\circ\text{C} = -200^\circ\text{C}$$

$$m_X = m_Y = 200 \text{ g}$$

$$C_X = ?$$

$$C_Y = ?$$

$$Q_1 = m \times c \times \Delta T = 200 \text{ g} \times C_X \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times (-200^\circ\text{C}) = -40000 C_X \text{ cal}$$

$$Q_2 = m \times c \times \Delta T = 200 \text{ g} \times C_Y \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times (-200^\circ\text{C}) = -40000 C_Y \text{ cal}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{\text{inicial (recipiente)}} = 25^\circ\text{C} \\ T_{\text{final (recipiente)}} = 30^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 30^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{recipiente}} = 500 \text{ g}$$

$$C_p = 0,1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$Q_3 = m \times c \times \Delta T = 500 \text{ g} \times 0,1 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times 5^\circ\text{C} = 250 \text{ cal}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{\text{inicial (água)}} = 25^\circ\text{C} \\ T_{\text{final (água)}} = 30^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 30^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 5^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{água}} = 350 \text{ g}$$

$$C_p = 1,0 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$Q_4 = m \times c \times \Delta T = 350 \text{ g} \times 1,0 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \times 5^\circ\text{C} = 1750 \text{ cal}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \text{ (equilíbrio)}$$

$$-40000 C_X \text{ cal} + (-40000 C_Y \text{ cal}) + 250 \text{ cal} + 1750 \text{ cal} = 0$$

$$C_X + C_Y = \frac{250 + 1750}{40000} \Rightarrow C_X + C_Y = 0,05 \text{ (I)}$$

Aplicando $Q = m \times c \times \Delta T$, para o experimento II, vem :

$$\left. \begin{array}{l} T_{\text{inicial (X)}} = 260^{\circ}\text{C} \\ T_{\text{final (X)}} = 30^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 30^{\circ}\text{C} - 260^{\circ}\text{C} = -230^{\circ}\text{C}$$

$$m_X = 200 \text{ g}$$

$$C_X = ?$$

$$Q_1 = m \times c \times \Delta T = 200 \text{ g} \times C_X \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \times (-230^{\circ}\text{C}) = -46000 C_X \text{ cal}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{\text{inicial (Y)}} = 185^{\circ}\text{C} \\ T_{\text{final (Y)}} = 30^{\circ}\text{C} \end{array} \right\} \Delta T = 30^{\circ}\text{C} - 185^{\circ}\text{C} = -155^{\circ}\text{C}$$

$$m_Y = 200 \text{ g}$$

$$C_Y = ?$$

$$Q_2 = m \times c \times \Delta T = 200 \text{ g} \times C_Y \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1} \times (-155^{\circ}\text{C}) = -31000 C_Y \text{ cal}$$

$$Q_3 = 250 \text{ cal} \text{ (já calculado para o experimento 1)}$$

$$Q_4 = 1750 \text{ cal} \text{ (já calculado para o experimento 1)}$$

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0 \text{ (equilíbrio)}$$

$$-46000 C_X \text{ cal} + (-31000 C_Y \text{ cal}) + 250 \text{ cal} + 1750 \text{ cal} = 0$$

$$46 C_X + 31 C_Y = \frac{250 + 1750}{1000} \Rightarrow 46 C_X + 31 C_Y = 2 \text{ (II)}$$

$$\begin{cases} C_X + C_Y = 0,05 \text{ (I)} \\ 46 C_X + 31 C_Y = 2 \text{ (II)} \end{cases}$$

Resolvendo o sistema, teremos :

$$C_X = 0,05 - C_Y$$

$$46(0,05 - C_Y) + 31 C_Y = 2$$

$$2,3 - 46 C_Y + 31 C_Y = 2 \Rightarrow 2,3 - 15 C_Y = 2$$

$$C_Y = 0,02 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$C_X = 0,05 - C_Y \Rightarrow C_X = 0,05 - 0,02 \Rightarrow C_X = 0,03 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Questão 28. Considere as seguintes afirmações relacionadas ao efeito estufa:

I. O metano e o óxido nitroso, embora em menor quantidade na atmosfera, têm potencial de aquecimento muito maior que o CO_2 .

II. Sem o efeito estufa, a temperatura média da Terra seria de, aproximadamente, 25°C .

III. O aumento da temperatura da Terra provoca maior evaporação dos oceanos, intensificando o efeito estufa.

IV. Ao serem expostos à radiação ultravioleta na atmosfera, os CFCs (clorofluorcarbonetos) liberam átomos de hidrogênio, já que a ligação entre os átomos de carbono e hidrogênio é mais fraca do que as ligações carbono-flúor e carbono-cloro.

Assinale a opção que contém as afirmações CORRETAS.

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

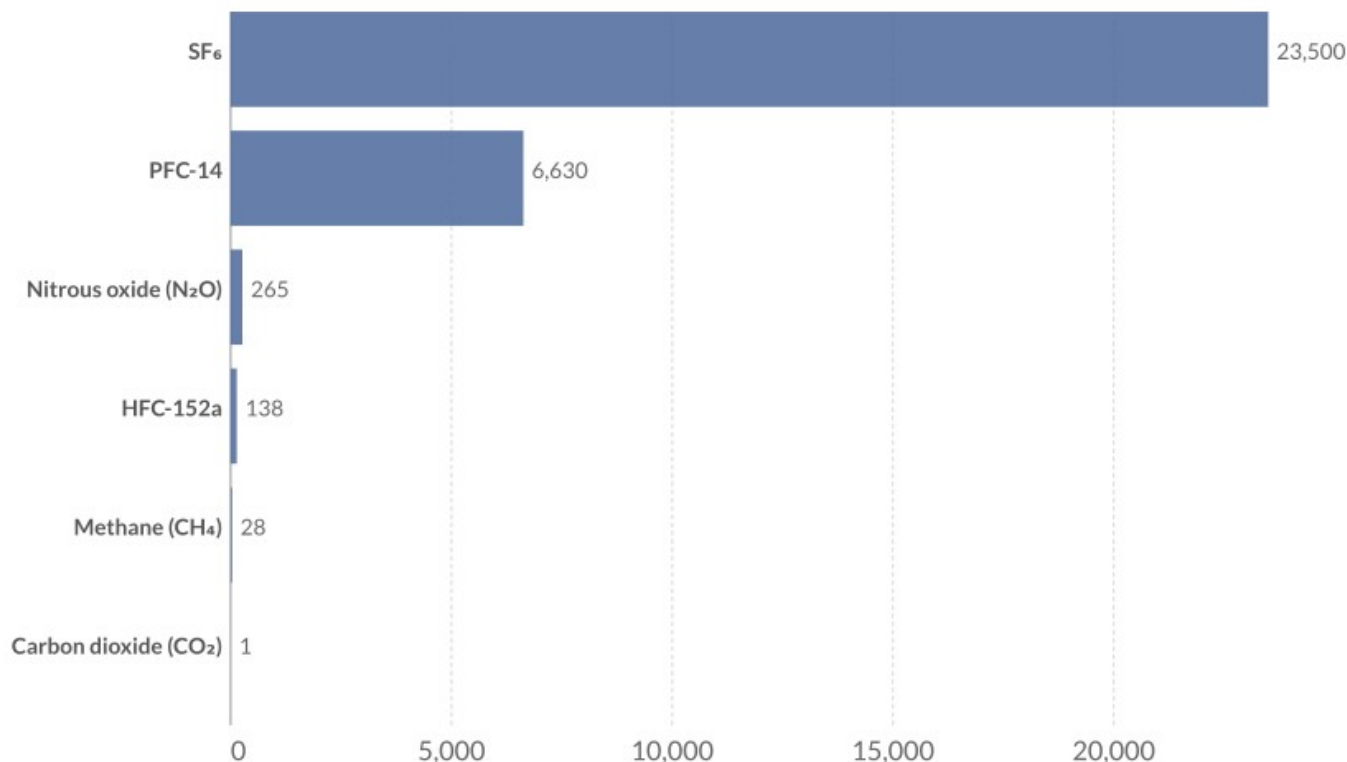
Resolução: alternativa B

I. Correta. O metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), embora em menor quantidade na atmosfera, têm potencial de aquecimento muito maior que o CO_2 .

Global warming potential of greenhouse gases over 100-year timescale

Global warming potential¹ measures the relative warming impact of one unit mass of a greenhouse gas relative to carbon dioxide.

Our World
in Data



Source: IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report.

OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/ • CC BY

II. Incorreta. Sem o efeito estufa, a temperatura média da Terra seria de, aproximadamente, -18°C .

III. Correta. O aumento da temperatura da Terra provoca maior evaporação dos oceanos, intensificando o efeito estufa devido à elevação da concentração do vapor de água na atmosfera.

IV. Incorreta. Ao serem expostos à radiação ultravioleta na atmosfera, os CFCs (clorofluorcarbonetos) liberam átomos de cloro, já que a ligação entre os átomos de carbono e cloro é mais fraca do que as ligações carbono-flúor e carbono-hidrogênio.

Ligação	Energia de ligação
C – Cl	327,2 kJ/mol
C – F	434,3 kJ/mol
C – H	413,4 kJ/mol

Questão 29. Considere uma célula galvânica constituída de um béquer, contendo uma solução S aerada, na qual estão imersas duas barras metálicas, uma de ferro e outra de cobre. As barras são conectadas externamente por um condutor metálico.

Sobre essa célula galvânica, são feitas as seguintes afirmações:

- I.** Quando S é uma solução aquosa a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em NaCl, o meio torna-se mais básico.
- II.** Quando S é uma solução aquosa a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em CuSO_4 , a massa da barra de cobre aumenta.
- III.** Quando S é uma solução aquosa a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em HCl, há formação de bolhas de gás sobre a barra de cobre.
- IV.** Quando S é uma solução aquosa a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em HNO_3 , a massa da barra de cobre diminui.

Dados de potenciais padrão de eletrodo eventualmente necessários:

Semirreação	E° (V)
$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,71
$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,83
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	0,34
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	0,40
$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0,80
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1,23
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	1,36

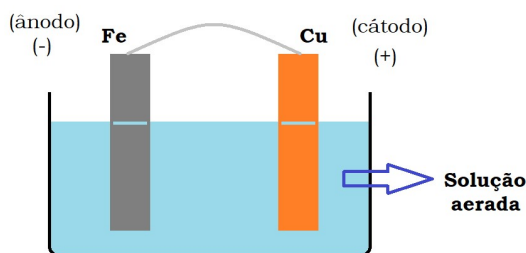
Com base nas informações do enunciado, está(ão) CORRETA(S) apenas:

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

Resolução: alternativa E

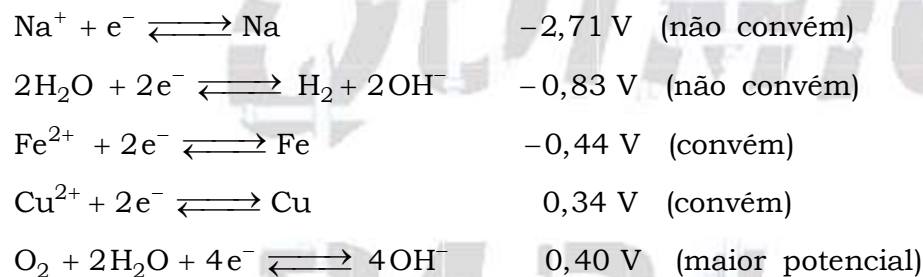
Questão analisada de maneira simplificada com abordagem do ensino médio.

Existem possibilidades de reações paralelas às abordadas. Outras abordagens são possíveis.



Utilizando apenas as semirreações das espécies químicas citadas em cada item e os eletrodos e no arranjo da célula galvânica (cobre e ferro) contendo uma solução S aerada (com O_2), vem:

I. Correta. Quando S (aerada; com O_2) é uma solução aquosa a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em NaCl , o meio torna-se mais básico.



Como o maior potencial é 0,40 V e mostra a formação de OH^- , conclui-se que o meio se torna básico.

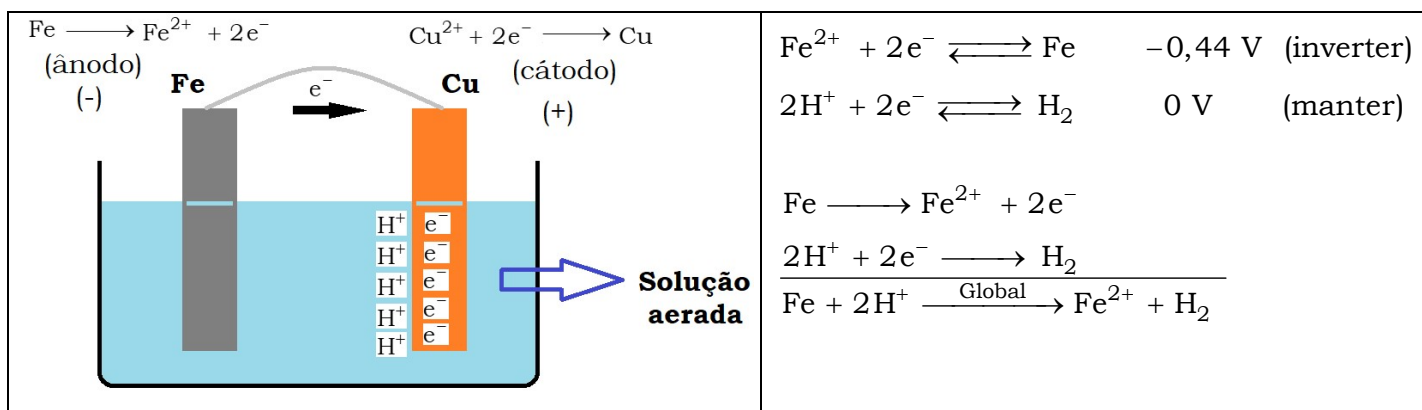
II. Correta. Quando S (aerada; com O_2) é uma solução aquosa a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em CuSO_4 , a massa da barra de cobre aumenta.



Como o maior potencial de é +0,34 V e mostra a formação de cobre metálico, conclui-se que a massa do eletrodo de cobre aumenta devido à deposição de cátions cobre II.

$\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ (ânodo) (-) Fe $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}$ (cátodo) (+) Cu	$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$ -0,44 V (inverter) $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$ 0,34 V (manter) $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}$ $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} \xrightarrow{\text{Global}} \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$
--	--

III. Correta. Quando S é uma solução aquosa a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em HCl , há formação de bolhas de gás sobre a barra de cobre devido à redução dos cátions H^+ ($2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_{2(\text{g})}$).



IV. Correta. Quando S é uma solução aquosa a $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ em HNO_3 , a massa da barra de cobre diminui. Isto ocorre, pois o ácido nítrico é um forte oxidante e consequentemente ele pode oxidar diretamente a barra de cobre.



Questão 30. Uma dada solução aquosa a 100°C apresenta o equilíbrio químico $\text{A}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{B}(\text{aq})$.

A quantidade inicial de $\text{A}(\text{aq})$ corresponde a $1,0 \text{ mol}$, e a constante de equilíbrio dessa reação é igual a $1,0$. A essa solução é fornecida uma quantidade de energia igual a 540 cal por segundo, e a quantidade inicial de água na solução é igual a 1000 g .

Considerações: i) o volume das substâncias A e B é desprezível em relação ao volume da solução; ii) o equilíbrio é atingido muito rapidamente; iii) as substâncias A e B não são voláteis; e iv) toda a energia é utilizada para ebulição do solvente.

Assinale a alternativa que melhor representa o tempo gasto, em segundos, para que a temperatura da solução aumente em $1,04^\circ\text{C}$.

Dados:

$$K(\text{ebulioscópica}) \text{ da água} = 0,52^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Delta H_{\text{ebulição}} (\text{H}_2\text{O}) = 540 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$$

A () 400.

B () 500.

C () 600.

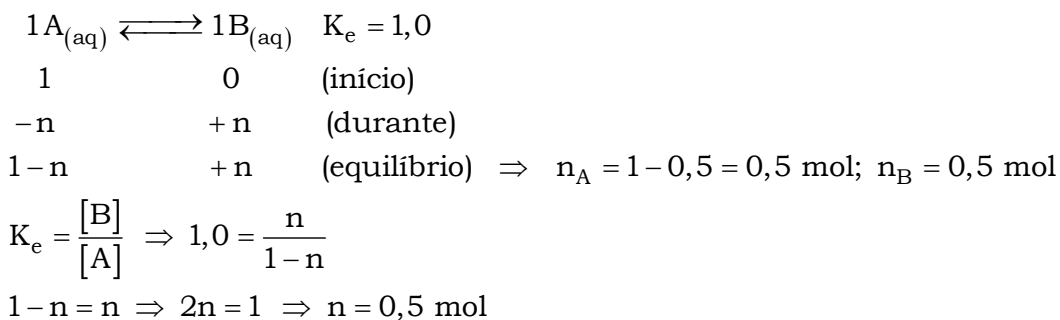
D () 700.

E () 800.

Resolução: alternativa B

Analisando o equilíbrio, vem:

V : volume



A partir da lei de Raoult, vem:

$$n_1 = 1 \text{ mol}$$

$$W = \frac{n_1}{m_2 \text{ (kg)}} \quad (\text{molalidade})$$

$$\Delta T_e = K_{\text{ebulioscópica}} \times W \Rightarrow \Delta T_e = K_{\text{ebulioscópica}} \times \frac{n_1}{m_2 \text{ (kg)}}$$

$$\Delta T_e = 1,04^\circ\text{C}$$

$$K_{\text{ebulioscópica}} = 0,52^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$1,04^\circ\text{C} = 0,52^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times \frac{1 \text{ mol}}{m_2 \text{ (kg)}}$$

$$m_2 = \frac{0,52^\circ\text{C} \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1} \times 1 \text{ mol}}{1,04^\circ\text{C}} \Rightarrow m_2 = 0,5 \text{ kg} = 500 \text{ g}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_{\text{inicial}} (\text{água}) = 1000 \text{ g} \\ m_{\text{final}} (\text{água}) = 500 \text{ g} \end{array} \right\} m_{\text{evaporada de água}} = 1000 \text{ g} - 500 \text{ g} = 500 \text{ g}$$

$$\begin{array}{l}
 540 \text{ cal} \text{ — } 1 \text{ g de água} \\
 Q \text{ — } 500 \text{ g}
 \end{array}$$

$$Q = \frac{540 \text{ cal} \times 500 \text{ g}}{1 \text{ g}} = 270.000 \text{ cal}$$

De acordo com o enunciado da questão, a essa solução é fornecida uma quantidade de energia igual a 540 cal por segundo. Então:

$$\begin{array}{l}
 540 \text{ cal} \text{ — } 1 \text{ s} \\
 270.000 \text{ cal} \text{ — } t \\
 t = \frac{270.000 \text{ cal} \times 1 \text{ s}}{540 \text{ cal}} = 500 \text{ s}
 \end{array}$$

Questão 31. Considere que a reação $A \rightarrow 3B$ é um processo elementar que ocorre em meio aquoso. As substâncias **A** e **B** não são voláteis. No início da reação, 1 mol de **A** está dissolvido em 90 g de água. Após 20 horas, a pressão de vapor da solução é igual a 16 mmHg. Considerações: i) temperatura de 25 °C durante a reação; e ii) pressão de vapor da água pura a 25 °C igual a 24 mmHg.

Assinale a alternativa que apresenta a pressão de vapor da solução após 30 horas.

- A** () 11,54 mmHg.
B () 12,07 mmHg.
C () 13,20 mmHg.
D () 14,05 mmHg.
E () 15,48 mmHg.

Resolução: alternativa E

Cálculo do número de mols de água:

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5 \text{ mol}$$

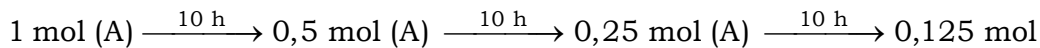
Cálculo do número de mols de soluto (s):

$$\begin{array}{lcl} 1\text{A} & \rightleftharpoons & 3\text{B} \\ 1 & & 0 \quad (\text{início; mol}) \\ -s & & +3s \quad (\text{durante; mol}) \\ (1-s) & & 3s \quad (\text{equilíbrio; mol}) \\ n_{\text{solute}} = 1-s+3s = (2s+1) \text{ mol} \\ n_{\text{total}} = n_{\text{solute}} + n_{\text{H}_2\text{O}} \\ n_{\text{total}} = (2s+1+5) \text{ mol} = (2s+6) \text{ mol} \end{array}$$

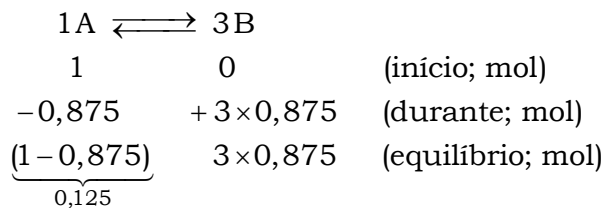
Nas primeiras 20 h, teremos:

$$\begin{aligned} p_{\text{pura}} &= 24 \text{ mmHg} \\ p_{\text{solução}} &= 16 \text{ mmHg} \\ X_{\text{solute}} &= \frac{\Delta P}{p_{\text{pura}}} \Rightarrow X_{\text{solute}} = \frac{(24-16) \text{ mmHg}}{24 \text{ mmHg}} = \frac{8}{24} \\ X_{\text{solute}} &= \frac{1}{3} \\ X_{\text{solute}} &= \frac{n_{\text{solute}}}{n_{\text{total}}} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{1+2s}{2s+6} \Rightarrow 2s+6 = 3(1+2s) \\ 2s+6 &= 3+6s \Rightarrow 4s=3 \Rightarrow s = \frac{3}{4} \text{ mol} = 0,75 \text{ mol (gastos)} \\ n_{\text{A (final)}} &= 1 \text{ mol} - 0,75 \text{ mol} = 0,25 \text{ mol} \\ 1 \text{ mol (A)} &\xrightarrow{t_{1/2}} 0,5 \text{ mol (A)} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,25 \text{ mol (A)} \\ \text{Em 20h tem-se dois períodos de meia-vida.} \\ 2 \times t_{1/2} &= 20 \text{ h} \Rightarrow t_{1/2} = \frac{20 \text{ h}}{2} = 10 \text{ h} \end{aligned}$$

Após 30 h, teremos:



$$n_{\text{consumidos após 30 h}} = 1 \text{ mol} - 0,125 \text{ mol} = 0,875 \text{ mol}$$



$$n_{\text{total}} = 0,125 \text{ mol} + 3 \times 0,875 \text{ mol} = 2,75 \text{ mol}$$

$$X_{\text{solute}} = \frac{\Delta P}{p_{\text{pura}}} \Rightarrow \frac{2,75 \text{ mol}}{2,75 \text{ mol} + 5 \text{ mol}} = \frac{\Delta P}{24 \text{ mmHg}}$$

$$\Delta P = \frac{66}{7,75} \text{ mmHg}$$

$$\Delta P = p_{\text{solução}} - p_{\text{pura}} \Rightarrow \frac{66}{7,75} \text{ mmHg} = p_{\text{solução}} - 24 \text{ mmHg}$$

$$p_{\text{solução}} = \left(\frac{66}{7,75} - 24 \right) \text{ mmHg} \Rightarrow p_{\text{solução}} = 15,48387 \text{ mmHg}$$

$$p_{\text{solução}} = 15,48 \text{ mmHg}$$

Questão 32. São feitas as seguintes afirmações sobre séries orgânicas:

- I.** O subconjunto de moléculas $\{\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_3\text{H}_8, \text{CH}_3\text{OH}, \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}, \text{C}_3\text{H}_7\text{OH}\}$ pode ser dividido em três subconjuntos que representam três séries homólogas distintas.
- II.** As propriedades químicas das substâncias em uma dada série isóloga são próximas entre si.
- III.** As substâncias em uma dada série heteróloga são constituídas por diferentes números de carbono em suas cadeias.

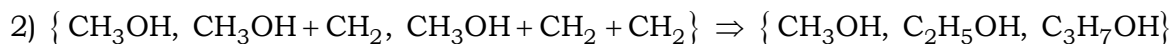
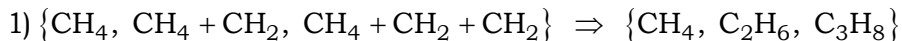
Das afirmativas acima, está(ão) CORRETA(S)

- A** () nenhuma.
- B** () apenas I.
- C** () apenas I e III.
- D** () apenas II.
- E** () apenas II e III.

Resolução: alternativa A

I. Incorreta. Uma série homóloga é formada por compostos que pertencem à mesma função química e que diferem por um grupo CH_2 .

O subconjunto de moléculas $\{\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_6, \text{C}_3\text{H}_8, \text{CH}_3\text{OH}, \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}, \text{C}_3\text{H}_7\text{OH}\}$ pode ser dividido em dois subconjuntos que representam duas séries homólogas distintas.



II. Incorreta. Numa série isóloga, os compostos diferem pela presença de grupos H_2 (2H) e as propriedades químicas das substâncias em uma dada série isóloga são muito diferentes entre si, principalmente pela formação de ligações pi (duplas e/ou triplas).

III. Incorreta. Numa série heteróloga os compostos não pertencem à mesma função orgânica, apesar do número de átomos de carbono ser o mesmo.

Questão 33. Considere as seguintes afirmações sobre a constituição e propriedade da matéria:

I. O modelo atômico de Rutherford evidenciou a existência do núcleo atômico carregado densamente por partículas positivas, tendo os elétrons dispostos em torno dele. A partir desse modelo, os elementos químicos passaram a ser diferenciados pelo número de elétrons que ocupam a região conhecida como eletrosfera.

II. O experimento dos raios catódicos permitiu calcular a relação entre a carga elétrica e a massa de um próton. Isso possibilitou, posteriormente, a determinação experimental da massa do elétron.

III. O cobre (Cu) possui dois isótopos estáveis: Cu^{63} (69,09 %) e Cu^{65} (30,91 %), com massas atômicas iguais a 62,93 u e 64,93 u, respectivamente. Com base nessas informações, a massa atômica média do cobre é de aproximadamente 63,55 u.

IV. Foram realizadas análises químicas de duas amostras de hidrocarbonetos. A amostra 1 contém 2,65 g de carbono e 0,665 g de hidrogênio. A amostra 2 contém 4,56 g de carbono e 0,383 g de hidrogênio. Os resultados de massa obtidos estão de acordo com a lei de proporções múltiplas, e as amostras 1 e 2 poderiam ser o etano e o eteno, respectivamente.

Assinale a opção que contém as afirmações ERRADAS.

A () Apenas I e II.

B () Apenas I, II e IV.

C () Apenas I, III e IV.

D () Apenas II e III.

E () Apenas III e IV.

Resolução: alternativa B

I. Errada. Rutherford imaginou que o átomo seria composto por um núcleo positivo e muito pequeno, hoje se sabe que o tamanho do átomo varia de 10.000 a 100.000 vezes maior do que o tamanho do seu núcleo. Ele também acreditava que os elétrons giravam ao redor do núcleo e neutralizavam a carga positiva do núcleo.

O modelo atômico de Rutherford não diferencia elementos químicos pelo número de elétrons que ocupam a região conhecida como eletrosfera em livros de ensino médio.

II. Errada. Aplicando simultaneamente um campo elétrico e magnético ao feixe de partículas (raio catódico), Thomson calculou uma relação matemática entre a carga do elétron (em Coulomb (C)) e a sua massa (em grama (g)). Atualmente, esta relação é dada por:

$$\frac{e}{m} = -1,76 \times 10^8 \text{ C} \cdot \text{g}^{-1}$$

III. Certa. O cobre (Cu) possui dois isótopos estáveis: Cu63 (69,09 %) e Cu65 (30,91 %), com massas atômicas iguais a 62,93 u e 64,93 u, respectivamente. Com base nessas informações, a massa atômica média ponderada do cobre é de aproximadamente 63,55 u.

$$\text{M. A. média ponderada} = \frac{62,93 \text{ u} \times 69,09 + 64,93 \text{ u} \times 30,91}{100} = 63,5482$$

$$\text{M. A. média ponderada} = 63,55 \text{ u}$$

IV. Errada. De acordo com a lei de proporções múltiplas ou lei de Dalton, compostos diferentes formados pelos mesmos elementos químicos, guardam entre si proporções mínimas de números inteiros.

$$\text{Amostra 1} = \frac{2,65 \text{ g (C)}}{0,665 \text{ g (H)}}$$

$$\text{Amostra 2} = \frac{4,56 \text{ g (C)}}{0,383 \text{ g (H)}}$$

$$\frac{4,56 \text{ g}}{0,383 \text{ g}} = \frac{2,65 \text{ g}}{n} \Rightarrow n = \frac{2,65 \text{ g}}{4,56 \text{ g}} \times 0,383 = 0,222 \text{ (H)}$$

$$\frac{0,222 \text{ (H)}}{0,665 \text{ g (H)}} \approx \frac{1}{3}$$

Conclusão: os resultados de massa obtidos estão de acordo com a lei de proporções múltiplas.

Obtenção das fórmulas mínimas:

Amostra 1:

$$\text{C}_{\frac{2,65}{12}}\text{H}_{\frac{0,665}{1}} \Rightarrow \text{C}_{\frac{0,22}{0,22}}\text{H}_{\frac{0,66}{0,22}} \Rightarrow \text{CH}_3$$

Multiplicando por dois = C₂H₆ (etano)

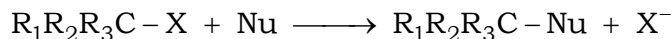
Amostra 2:

$$\text{C}_{\frac{4,56}{12}}\text{H}_{\frac{0,383}{1}} \Rightarrow \text{C}_{\frac{0,38}{0,38}}\text{H}_{\frac{0,38}{0,39}} \Rightarrow \text{CH}$$

Multiplicando por dois = C₂H₂ (etino)

} Etano e Etino

Questão 34. A reação abaixo, entre haloalcanos e um nucleófilo (Nu), depende de fatores como a estrutura dos grupos ligados ao carbono sp^3 do haloalcano, as características do solvente, a estabilidade do haleto no solvente, entre outros. Considerando essa reação, avalie as afirmações a seguir.



I. Comparando dois possíveis haloalcanos para essa reação, o $(CH_3)_2CH-I$ é mais suscetível a formar um carbocátion do tipo $R_1R_2R_3C^+$ do que o $(C_3H_7)_3C-I$.

II. Entre haloalcanos do tipo $(CH_3)_3C-X$, a tendência de se formar um carbocátion do tipo $(CH_3)_3C^+$ em um solvente polar aumenta na ordem $(CH_3)_3C-F > (CH_3)_3C-Cl > (CH_3)_3C-Br > (CH_3)_3C-I$.

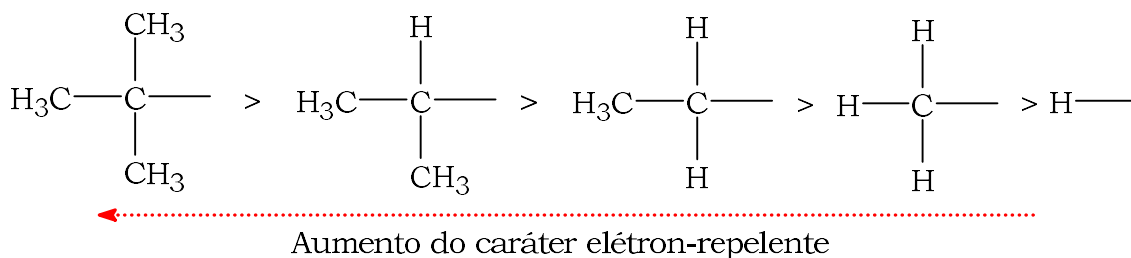
III. O carbocátion $(C_3H_7)_3C^+$, formado a partir do haloalcano, é suscetível ao ataque de nucleófilo, resultando em enantiômero puro como produto da reação.

Das afirmativas acima, está(ão) CORRETA(S)

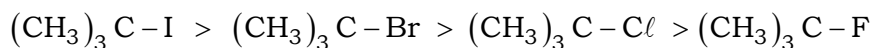
- A** () nenhuma.
B () apenas I e II.
C () apenas I e III.
D () apenas II e III.
E () todas.

Resolução: alternativa A

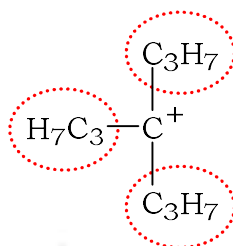
I. Incorreta. Comparando dois possíveis haloalcanos para essa reação, o $(C_3H_7)_3C-I$ é mais suscetível a formar um carbocátion do tipo $R_1R_2R_3C^+$ do que o $(CH_3)_2CH-I$. Pois, o nucleófilo (Nu) estará ligado ao carbono do radical mais elétron-repelente (carbono terciário).



II. Incorreta. Quanto maior o raio de X, maior a tendência de quebra da ligação C-X e consequente formação do carbocátion ($r_I > r_{Br} > r_{Cl} > r_F$). Então:



III. Incorreta. O carbocátion $(\text{C}_3\text{H}_7)_3\text{C}^+$ não apresenta carbono quiral (átomo de carbono ligado a ligantes diferentes entre si). Logo, não será possível a formação de um enantiômero.



Questão 35. O polietileno tereftalato (PET), um polímero termoplástico, é formado pela polimerização por condensação entre o ácido tereftálico ($\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$) e o etilenoglicol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$). A densidade do PET é $1,38 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, e um fio de PET tem massa molar média de $38.400 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Em uma reação, 332 g de ácido tereftálico reagem completamente com excesso de etilenoglicol, com rendimento de 100 %.

Assinale a alternativa que melhor apresenta a massa molar da unidade repetitiva do PET (em $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$), a massa teórica de PET produzida (em g), o volume do PET produzido (em cm^3) e o número médio de unidades repetitivas por cadeia polimérica, respectivamente.

A () $192,17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; 384,34 g; $278,51 \text{ cm}^3$; 200 unidades.

B () $210,19 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; 400,00 g; $290,00 \text{ cm}^3$; 182 unidades.

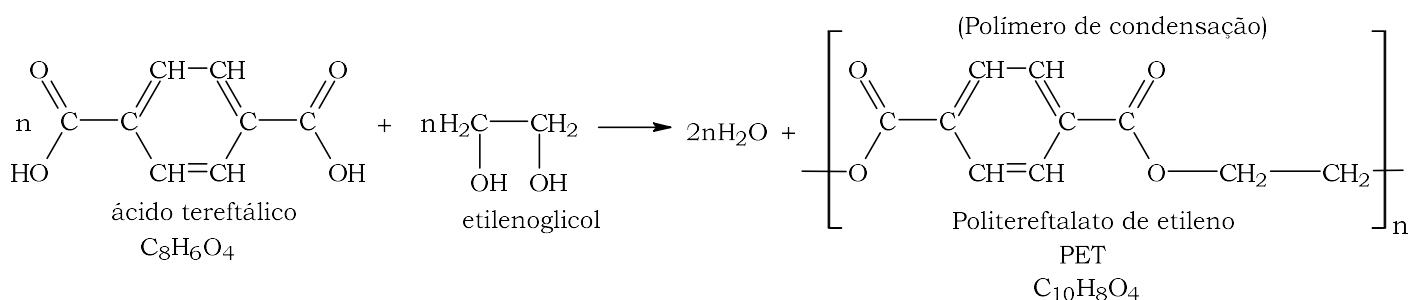
C () $192,17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; 432,17 g; $313,17 \text{ cm}^3$; 250 unidades.

D () $166,14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; 384,34 g; $250,00 \text{ cm}^3$; 231 unidades.

E () $192,17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; 384,34 g; $300,00 \text{ cm}^3$; 220 unidades

Resolução: alternativa A

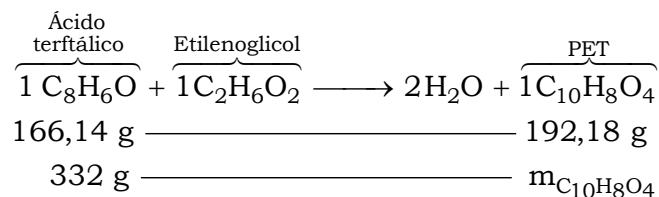
Formação do Politereftalato de etileno (PET):



$$\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4 = 8 \times 12,01 + 6 \times 1,01 + 4 \times 16,00 = 166,14; \quad M_{\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4} = 166,14 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4 = 10 \times 12,01 + 8 \times 1,01 + 4 \times 16,00 = 192,18; \quad M_{\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4} = 192,18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

De acordo com o texto, 332 g de ácido tereftálico reagem completamente com excesso de etilenoglicol, com rendimento de 100 %. Então:



$$m_{\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4} = \frac{332 \text{ g} \times 192,18 \text{ g}}{166,14 \text{ g}} = 384,036 \text{ g}$$

$$m_{\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4} = 384 \text{ g}$$

$$d_{\text{PET}} = 1,38 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

$$d_{\text{PET}} = \frac{m_{\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4}}{V} \Rightarrow V = \frac{m_{\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4}}{d_{\text{PET}}}$$

$$V = \frac{384 \text{ g}}{1,38 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}} = 278,26 \text{ cm}^3 \quad (\text{valor mais próximo de } 278,51 \text{ cm}^3)$$

m

$$M_{\text{PET}} = 38.400 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Para 1 mol de PET:

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ unidade (PET)} & \text{---} & 192,17 \text{ g} \\ n & \text{---} & 38.400 \text{ g} \end{array}$$

$$n = \frac{1 \text{ unidade} \times 38.400 \text{ g}}{192,17 \text{ g}} = 199,82 \text{ unidades}$$

$$n \approx 200 \text{ unidades}$$

Questão 36. Considere a seguinte reação química hipotética, que ocorre em fase gasosa:



Um reator de volume fixo e temperatura constante foi alimentado com 36 atm de uma mistura gasosa composta de X, W e uma substância inerte I, na proporção molar X:W:I igual a 3:2:1. Assinale a alternativa que apresenta a pressão interna no reator (em atm) quando 75 % do reagente W forem consumidos.

A () 18.

B () 24.

C () 27.

D () 30.

E () 33.

Resolução: alternativa C

De acordo com o texto, mm reator de volume fixo e temperatura constante foi alimentado com 36 atm de uma mistura gasosa composta de X, W e uma substância inerte I, na proporção molar X:W:I igual a 3:2:1. Então:

$$P_{\text{total}} = 36 \text{ atm}$$

$$X : W : I \Rightarrow 3 \text{ mol} : 2 \text{ mol} : 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{total}} = 3 \text{ mol} + 2 \text{ mol} + 1 \text{ mol} = 6 \text{ mol}$$

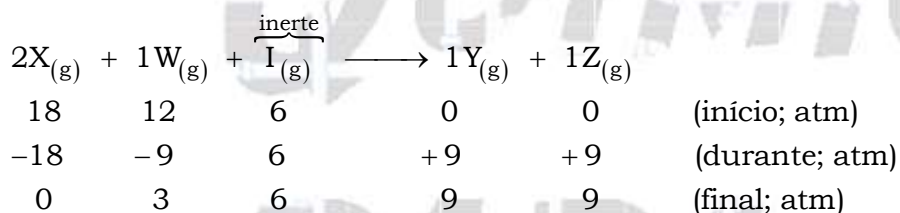
Frações molares e relações com as pressões parciais :

$$X_X = \frac{3 \text{ mol}}{6 \text{ mol}} = \frac{1}{2} \Rightarrow p_X = X_X \times P_{\text{total}} \Rightarrow p_X = \frac{1}{2} \times 36 \text{ atm} = 18 \text{ atm}$$

$$X_W = \frac{2 \text{ mol}}{6 \text{ mol}} = \frac{1}{3} \Rightarrow p_W = X_W \times P_{\text{total}} \Rightarrow p_W = \frac{1}{3} \times 36 \text{ atm} = 12 \text{ atm}$$

$$X_I = \frac{1 \text{ mol}}{6 \text{ mol}} = \frac{1}{6} \Rightarrow p_I = X_I \times P_{\text{total}} \Rightarrow p_I = \frac{1}{6} \times 36 \text{ atm} = 6 \text{ atm}$$

$$75 \% \text{ de W é consumido: } 0,75 \times 12 \text{ atm} = 9 \text{ atm}$$



$$P_{\text{final}} = 3 \text{ atm} + 6 \text{ atm} + 9 \text{ atm} + 9 \text{ atm} = 27 \text{ atm}$$

Segunda fase

QUÍMICA

INSTRUÇÕES

1. O tempo total para resolução da prova é de **quatro horas**.
2. Não é permitido deixar o local de exame antes de decorridas **duas horas** do início da prova.
3. Você poderá usar **apenas** caneta esferográfica de corpo transparente, lápis ou lapiseira, borracha, régua simples transparente e compasso. Qualquer outro material escolar é **proibido**.
4. Certifique-se que você recebeu **um caderno de questões** e um **caderno de soluções**.
5. Não é permitido destacar folhas de nenhum dos cadernos.
6. O caderno de questões contém **10 questões dissertativas** numeradas de 01 a 10.
7. As resoluções devem ser apresentadas no **caderno de soluções**, exclusivamente nos espaços delimitados para cada questão. Somente as respostas registradas nesses espaços serão consideradas para correção. As páginas de rascunho não serão avaliadas.
8. Nas questões que envolvem cálculos, as expressões numéricas devem ser resolvidas **integralmente**, caso contrário haverá desconto de nota.
9. A devolução dos dois cadernos (questões e soluções) é **obrigatória**. O não cumprimento resultará em desclassificação.
10. As médias obtidas nas provas da segunda fase terão divulgação preliminar em 26/11/2025.
11. Aguarde o aviso para iniciar a prova. Ao terminar, comunique o fiscal e permaneça em seu lugar até receber autorização para sair.

Constantes

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

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

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

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

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

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

Número de Euler (e) = 2,72

Definições

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

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

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 = $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (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 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$\lg X = 2,3 \log X$ $\lg 2 = 0,693$ $\lg 5 = 1,609$ $\sqrt{3} = 1,73$

$\log 2 = 0,301$ $\lg 3 = 1,099$ $e^{-0,3465} = 0,707$ $\sqrt{5} = 2,24$

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)
H	1	1,01	Ca	20	40,08
B	5	10,81	Cr	24	52,00
C	6	12,01	Fe	26	55,85
N	7	14,01	Ni	28	58,69
O	8	16,00	Cu	29	63,55
F	9	19,00	Nb	41	92,91
Na	11	22,99	Ag	47	107,87
Si	14	28,06	Pt	78	195,08
S	16	32,06	Au	79	196,97
Cl	17	35,45	Hg	80	200,59
K	19	39,10	Bi	83	208,98

Questão 1. Considere as seguintes soluções aquosas, a 25 °C e 1 atm:

Solução 1: formada por um ácido monoprotico fraco ($K_A = 10^{-12}$).

Solução 2: formada pela transferência de 4 mL da Solução I para um balão volumétrico de 20 mL, que em seguida foi completado com água e homogeneizado.

Solução 3: formada por uma base monoprotica forte.

Em um procedimento experimental, 2 mL da Solução 2 reagiram com 38 mL da Solução 3, atingindo-se o ponto de equivalência. Sabendo-se que o pH da mistura final é igual a 12, determine o valor numérico da concentração

a) do ácido na Solução 2;

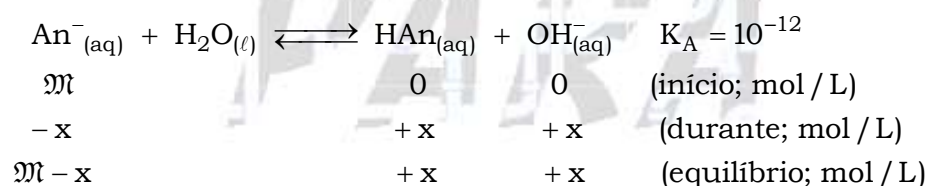
b) do ácido na Solução 1;

c) da base na Solução 3.

Resolução:

a) Cálculo da concentração do ácido na Solução 2:

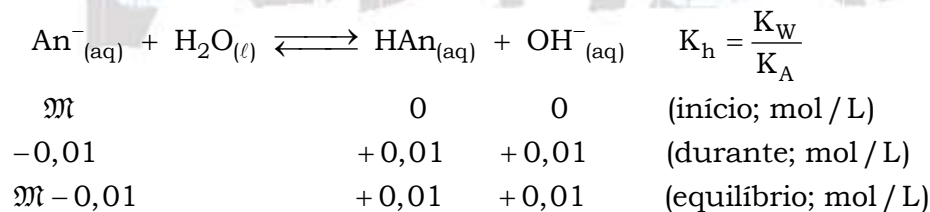
A partir da hidrólise do ânion do ácido monoprotico fraco, teremos:



$$pH = 12 \Rightarrow pH + pOH = 14 \Rightarrow 12 + pOH = 14 \Rightarrow pOH = 2$$

$$[OH^-] = x = 10^{-2} \text{ mol / L ou } x = 0,01 \text{ mol / L}$$

Refazendo e acrescentando o valor de x :



$$\left. \begin{array}{l} K_A = 10^{-12} \\ K_W = 10^{-14} \end{array} \right\} K_h = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} = 10^{-2} = 0,01$$

$$K_h = \frac{[HAn] \times [OH^-]}{An^-}$$

$$0,01 = \frac{0,01 \times 0,01}{\mathfrak{M} - 0,01} \Rightarrow 0,01\mathfrak{M} - 0,01 \times 0,01 = 0,01 \times 0,01$$

$$\mathfrak{M} = \frac{2 \times 0,01 \times 0,01}{0,01} = 0,02 \text{ mol / L} \Rightarrow [HAn] = 0,02 \text{ mol / L}$$

$$V_{\text{solução 2}} = 2 \text{ mL}; V_{\text{solução 3}} = 38 \text{ mL}$$

$$V_{\text{total}} = 38 \text{ mL} + 2 \text{ mL} = 40 \text{ mL}$$

$$[\text{HAn}]_{\text{solução 2}} \times V_{\text{solução 2}} = [\text{HAn}] \times V_{\text{total}}$$

$$[\text{HAn}]_{\text{solução 2}} \times 2 \text{ mL} = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 40 \text{ mL}$$

$$[\text{HAn}]_{\text{solução 2}} = \frac{0,02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 40 \text{ mL}}{2 \text{ mL}}$$

$$[\text{HAn}]_{\text{solução 2}} = 0,4 \text{ mol/L}$$

b) Cálculo da concentração do ácido na Solução 1:

$$V_{\text{solução 1}} = 4 \text{ mL}; V_{\text{balão}} = 20 \text{ mL}$$

$$V_{\text{total}} = 38 \text{ mL} + 2 \text{ mL} = 40 \text{ mL}$$

$$[\text{HAn}]_{\text{solução 1}} \times V_{\text{solução 1}} = [\text{HAn}]_{\text{solução 2}} \times V_{\text{balão}}$$

$$[\text{HAn}]_{\text{solução 1}} \times 4 \text{ mL} = 0,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 20 \text{ mL}$$

$$[\text{HAn}]_{\text{solução 1}} = \frac{0,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 20 \text{ mL}}{4 \text{ mL}}$$

$$[\text{HAn}]_{\text{solução 1}} = 2,0 \text{ mol/L}$$

c) Cálculo da concentração da base na Solução 3:

$$n_{\text{HA}} = n_{\text{OH}^-} \text{ (neutralização)}$$

$$[\text{HAn}]_{\text{solução 2}} = 0,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; V_{\text{solução 2}} = 2 \text{ mL}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{solução 3}} = ?; V_{\text{solução 3}} = 38 \text{ mL}$$

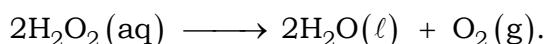
$$[\text{HAn}]_{\text{solução 2}} \times V_{\text{solução 2}} = [\text{OH}^-]_{\text{solução 3}} \times V_{\text{solução 3}}$$

$$0,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ mL} = [\text{OH}^-]_{\text{solução 3}} \times 38 \text{ mL}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{solução 3}} = \frac{0,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 2 \text{ mL}}{38 \text{ mL}} = 0,021 \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{solução 3}} = 0,021 \text{ mol/L}$$

Questão 2. A decomposição do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) ocorre segundo esta equação:



Em um experimento, 100 mL de uma solução $0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de H_2O_2 decompõem-se na presença de um catalisador. Sabendo que a constante de velocidade é $0,0693 \text{ min}^{-1}$, calcule os seguintes valores numéricos:

a) volume de $\text{O}_2(\text{g})$ produzido a 25°C e 1 atm, ao término da reação;

b) concentração de H_2O_2 restante em 5 minutos.

Resolução:

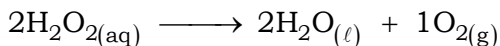
a) Cálculo do volume de $O_2(g)$ produzido a $25^\circ C$ e 1 atm, ao término da reação:

$$P = 1 \text{ atm}; T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$R = 8,21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot L \cdot K^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\left. \begin{array}{l} V = 100 \text{ mL} = 0,1 \text{ L} \\ [H_2O_2] = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1} \end{array} \right\} [H_2O_2] = \frac{n_{H_2O_2}}{V} \Rightarrow n_{H_2O_2} = [H_2O_2] \times V$$

$$n_{H_2O_2} = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 0,1 \text{ L} = 0,05 \text{ mol}$$



$$2 \text{ mol} \text{ ————— } 1 \text{ mol}$$

$$0,05 \text{ mol} \text{ ————— } 0,025 \text{ mol}$$

$$P \times V_{O_2} = n_{O_2} \times R \times T$$

$$1 \text{ atm} \times V_{O_2} = 0,025 \text{ mol} \times 8,21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot L \cdot K^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 298 \text{ K}$$

$$V_{O_2} = \frac{0,025 \text{ mol} \times 8,21 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot L \cdot K^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 298 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 0,611645 \text{ L}$$

$$V_{O_2} = 0,61 \text{ L}$$

b) Cálculo da concentração de H_2O_2 restante em 5 minutos:

$$k = 0,0693 \text{ min}^{-1} \text{ (primeira ordem)}$$

$$t = 5 \text{ min}$$

$$[H_2O_2]_0 = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[H_2O_2] = [H_2O_2]_0 \times e^{-k \times t}$$

$$[H_2O_2] = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times e^{(-0,0693 \text{ min}^{-1} \times 5 \text{ min})}$$

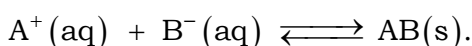
$$[H_2O_2] = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times e^{-0,3465}$$

$$e^{-0,3465} = 0,707 \text{ (dado no cabeçalho da prova)}$$

$$[H_2O_2] = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 0,707 = 0,3535 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[H_2O_2] = 0,3535 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

Questão 3. Uma solução aquosa a $100^\circ C$ recebe energia na forma de calor a partir de uma fonte com potência igual a $540 \text{ cal} \cdot s^{-1}$. A solução possui um volume inicial de 1L e contém $2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de uma substância A^+ e $1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de uma substância B^- . Essas substâncias podem formar um sólido de acordo com a reação



Considerações: i) as substâncias A e B têm volume desprezível na solução; ii) a ebulição ocorre nas condições padrão; iii) efeitos coligativos são desprezíveis; e iv) toda a energia é utilizada para a ebulição da água.

Forneça os seguintes valores numéricos:

- a) tempo esperado, em segundos, para que o sólido comece a ser formado na solução;
- b) concentrações de A^+ e B^- quando o volume da solução se reduz à metade do valor correspondente ao do início da precipitação.

Dados: $K_{ps}(AB) = 1 \cdot 10^{-5}$; $\Delta H_{\text{ebulição}}^0(\text{H}_2\text{O}) = 540 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$; massa específica da água (ρ) = $1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

Resolução:

- a) Cálculo do tempo esperado, em segundos, para que o sólido comece a ser formado na solução:

$$n_{A^+} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow [A^+] = \frac{2 \times 10^{-3}}{V} \text{ mol/L}$$

$$n_{B^-} = 1 \times 10^{-3} \text{ mol} \Rightarrow [B^-] = \frac{1 \times 10^{-3}}{V} \text{ mol/L}$$



$$\frac{2 \times 10^{-3}}{V} \text{ mol/L} \quad \frac{1 \times 10^{-3}}{V} \text{ mol/L}$$

$$K_{ps} = [A^+] \times [B^-]$$

$$1 \times 10^{-5} = \frac{2 \times 10^{-3}}{V} \times \frac{1 \times 10^{-3}}{V} \Rightarrow V^2 = \frac{2 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-3}}{10^{-5}}$$

$$V^2 = 2 \times 10^{-1} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2}{10}} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{1}{5}} = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$\sqrt{5} = 2,24 \text{ (dado no cabeçalho da prova)}$$

$$V = \frac{1}{2,24} \text{ L}$$

$$V_{\text{inicial}} = 1 \text{ L}$$

$$\Delta V_{(\text{evaporou})} = V_{\text{inicial}} - V$$

$$\Delta V_{(\text{evaporou})} = 1 \text{ L} - \frac{1}{2,24} \text{ L} = \frac{2,24 - 1}{2,24}$$

$$\Delta V_{(\text{evaporou})} = 0,554 \text{ L}$$

$$\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} = 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\rho_{\text{água}} = \frac{m_{\text{água (evaporou)}}}{\Delta V_{(\text{evaporou})}} \Rightarrow 1000 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = \frac{m_{\text{água (evaporou)}}}{0,554 \text{ L}}$$

$$m_{\text{água (evaporou)}} = 554 \text{ g}$$

$$\Delta H_{\text{ebulição}}^0(\text{água}) = 540 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$1 \text{ g} \Rightarrow 540 \text{ cal}, \text{ então } 554 \text{ g} \Rightarrow 554 \times \underbrace{540 \text{ cal}}_{1 \text{ g}}$$

$$Q = 554 \times 540 \text{ cal}$$

$$\text{Potência da fonte} = 540 \text{ cal} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$1 \text{ s} \text{ ————— } 540 \text{ cal}$$

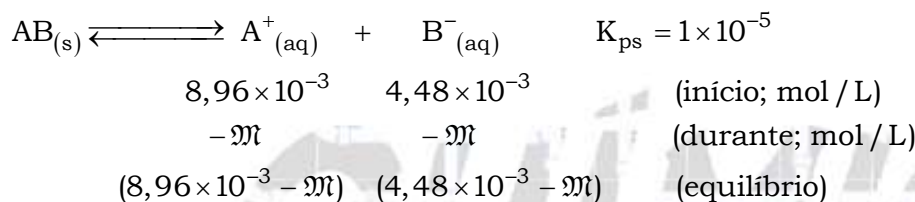
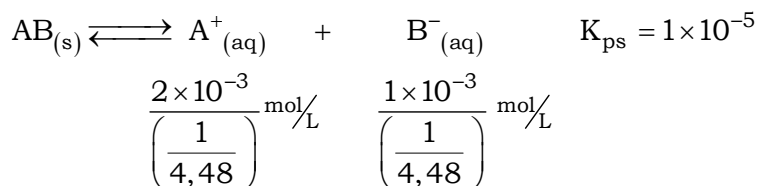
$$t \text{ ————— } 554 \times 540 \text{ cal}$$

$$t = \frac{1 \text{ s} \times 554 \times 540 \text{ cal}}{540 \text{ cal}} = 554 \text{ s} \Rightarrow t_{\text{esperado}} = 554 \text{ s}$$

b) Cálculo das concentrações de A^+ e B^- quando o volume da solução se reduz à metade do valor correspondente ao do início da precipitação:

$$V = \frac{1}{2,24} \text{ L (vide item a)}$$

$$\text{O volume se reduz pela metade: } V' = \frac{1}{2,24} \times \frac{1}{2} \text{ L} \Rightarrow V' = \frac{1}{4,48} \text{ L}$$



$$K_{ps} = [A^+] \times [B^-]$$

$$1 \times 10^{-5} = (8,96 \times 10^{-3} - x) \times (4,48 \times 10^{-3} - x)$$

$$1 \times 10^{-5} = 4,014 \times 10^{-5} - 0,896 \times 10^{-2}x - 0,448 \times 10^{-2}x + x^2$$

$$x^2 - 1,344 \times 10^{-2}x + 3,014 \times 10^{-5} = 0$$

$$x = \frac{1,344 \times 10^{-2} \pm \sqrt{(1,344 \times 10^{-2})^2 - 4 \times 1 \times 3,014 \times 10^{-5}}}{2 \times 1}$$

$$x = \frac{1,344 \times 10^{-2} \pm \sqrt{1,806336 \times 10^{-4} - 1,2056 \times 10^{-4}}}{2 \times 1}$$

$$x = \frac{1,344 \times 10^{-2} \pm \sqrt{0,600736 \times 10^{-4}}}{2 \times 1}$$

$$x = \frac{1,344 \times 10^{-2} \pm 0,77507 \times 10^{-2}}{2 \times 1}$$

$$x = \frac{1,344 \times 10^{-2} + 0,77507 \times 10^{-2}}{2 \times 1} = 10,59 \times 10^{-3} \text{ mol / L} \quad \left[\frac{(8,96 \times 10^{-3} - x)}{[(8,96 \times 10^{-3} - 10,59 \times 10^{-3}) < 0]} \right]$$

não convém

$$x = \frac{1,344 \times 10^{-2} - 0,77507 \times 10^{-2}}{2 \times 1} = 2,8446 \times 10^{-3} \text{ mol / L (convém)}$$

$$[A^+] = 8,96 \times 10^{-3} - x = 8,96 \times 10^{-3} - 2,8446 \times 10^{-3}$$

$$[A^+] = 6,115 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$$

$$[B^-] = 4,48 \times 10^{-3} - x = 4,48 \times 10^{-3} - 2,8446 \times 10^{-3}$$

$$[B^-] = 1,635 \times 10^{-3} \text{ mol / L}$$

Questão 4. Considere o sólido BGN com composição em porcentagem molar de $60\text{SiO}_2 - 36\text{CaO} - 4\text{Nb}_2\text{O}_5$. A fonte de nióbio empregada no preparo do BGN é o oxalato amoniacal de nióbio hidratado $(\text{NH}_4[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O})$. Para determinar o teor de nióbio presente no oxalato amoniacal de nióbio hidratado, foi empregada a termogravimetria em atmosfera oxidante, a qual apresentou uma massa residual de 28,5 % após aquecimento a 1000 °C. Esse resíduo foi caracterizado como pentóxido de nióbio.

a) Apresente o valor numérico da massa necessária do oxalato amoniacal de nióbio hidratado para o preparo de 10 gramas de BGN.

b) Determine o valor do “n” no $\text{NH}_4[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Resolução:

a) Cálculo da massa molar média do BGN:

$$\text{SiO}_2 = 1 \times 28,09 + 2 \times 16,00 = 60,09; \quad M_{\text{SiO}_2} = 60,09 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{CaO} = 1 \times 40,08 + 1 \times 16,00 = 56,08; \quad M_{\text{CaO}} = 56,08 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Nb}_2\text{O}_5 = 2 \times 92,91 + 5 \times 16,00 = 265,82; \quad M_{\text{Nb}_2\text{O}_5} = 265,82 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{BGN}} = \frac{60\text{SiO}_2 + 36\text{CaO} + 4\text{Nb}_2\text{O}_5}{100} \quad (\text{média ponderada})$$

$$M_{\text{BGN}} = \frac{60 \times 60,09 + 36 \times 56,08 + 4 \times 265,82}{100} = 66,8756 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M_{\text{BGN}} = 66,876 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m_{\text{BGN}} = 10 \text{ g}$$

$$n_{\text{Nb}_2\text{O}_5} = \frac{4}{100} \times n_{\text{BGN}}$$

$$\frac{m_{\text{Nb}_2\text{O}_5}}{M_{\text{Nb}_2\text{O}_5}} = \frac{4}{100} \times \frac{m_{\text{BGN}}}{M_{\text{BGN}}} \Rightarrow \frac{m_{\text{Nb}_2\text{O}_5}}{265,82 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{4}{100} \times \frac{10 \text{ g}}{66,876 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$m_{\text{Nb}_2\text{O}_5} = \frac{4 \times 10 \text{ g}}{100 \times 66,876 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 265,82 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,5899 \text{ g}$$

$$m_{\text{Nb}_2\text{O}_5} = 1,59 \text{ g}$$

A massa residual (Nb_2O_5) correspondeu a 28,5 % da massa inicial do oxalato amoniacal de nióbio hidratado. Então teremos:

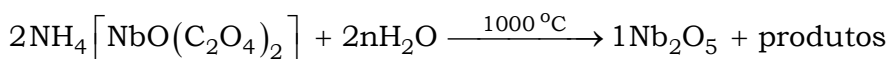
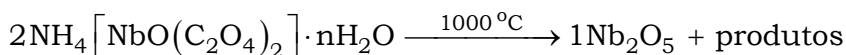
$$m_{\text{NH}_4[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}} \text{ ——— } 100 \%$$

$$1,59 \text{ g (Nb}_2\text{O}_5) \text{ ——— } 28,5 \%$$

$$m_{\text{NH}_4[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}} = \frac{1,59 \text{ g} \times 100 \%}{28,5 \%} = 5,5789 \text{ g}$$

$$m_{\text{NH}_4[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}} = 5,58 \text{ g}$$

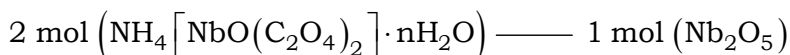
b) Determinação do valor do “n” no $\text{NH}_4[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$:



$$\text{NH}_4[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] = 1 \times 14,01 + 4 \times 1,01 + [(92,91 + 16,00) + 2 \times (2 \times 12,01 + 4 \times 16,00)] = 303$$

$$M_{\text{NH}_4[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]} = 303,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 2 \times 1,01 + 16,00 = 18,02; M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,01 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$2 \times (303,0 + 18,02 \times n) \text{ g} \longrightarrow 265,82 \text{ g}$$

$$5,58 \text{ g} \longrightarrow 1,59 \text{ g}$$

$$2 \times (303,0 + 18,02 \times n) \text{ g} = \frac{5,58 \text{ g} \times 265,82 \text{ g}}{1,59 \text{ g}}$$

$$303,0 + 18,02 \times n = \frac{5,58 \times 265,82}{2 \times 1,59} \Rightarrow 18,02 \times n = \frac{5,58 \times 265,82}{2 \times 1,59} - 303,0$$

$$n = \frac{163,43886}{18,02} = 9,069 \text{ mol}$$

$$n = 9$$

Questão 5. Considere os elementos com as seguintes configurações eletrônicas:

$$\text{A} = 1s^1$$

$$\text{R} = [\text{He}] 2s^2 2p^4$$

$$\text{Z} = [\text{He}] 2s^2 2p^1$$

$$\text{Y} = [\text{He}] 2s^2 2p^5$$

$$\text{X} = [\text{He}] 2s^2 2p^2$$

$$\text{Q} = [\text{Ne}] 3s^2 3p^4$$

$$\text{G} = [\text{He}] 2s^2 2p^3$$

Identifique os átomos e faça o que se pede:

a) Quantos arranjos atômicos são possíveis formar para o ânion (-1), com a composição de 1X, 1G e 1Q?

b) Indique a fórmula molecular de uma molécula com geometria trigonal planar e uma pirâmide trigonal com os átomos descritos acima.

c) O Composto formado por 6X, 5A e 1Y reage com HNO_3 (concentrado), H_2SO_4 a 25°C .

Considerando essa reação, desenhe a(s) estrutura(s) molecular(es) do(s) produto(s) principal(is) formado(s).

d) Dadas as moléculas compostas por (i) 2 A e 1R; (ii) 2A e 1Q e (iii) 1X, 4A e 1R, coloque-as em ordem crescente de ponto de ebulição.

Resolução:

a) Cálculo da quantidade de arranjos atômicos possíveis formar para o ânion (-1), com a composição de 1X, 1G e 1Q:

A partir das informações do cabeçalho da prova, teremos:

$$[\text{He}] = 1s^2; [\text{Ne}] = 1s^2 2s^2 2p^6$$

$$\text{C} = 1s^2 2s^2 2p^2 \text{ (X)}$$

$$\text{N} = 1s^2 2s^2 2p^3 \text{ (G)}$$

$$\text{S} = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 \text{ (Q)}$$

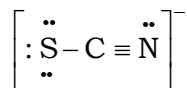
Para determinar a estabilidade de cada arranjo, devemos utilizar a carga formal (CF).

$$CF = V - \left(NL + \frac{1}{2} L \right)$$

V : elétrons de valência

NL : elétrons não ligantes

L : elétrons de ligação

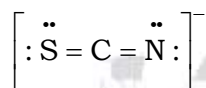


$$CF_{\text{enxofre (S)}} = 6 - \left(6 + \frac{1}{2} \times 2 \right) = -1$$

$$CF_{\text{carbono (c)}} = 4 - \left(0 + \frac{1}{2} \times 8 \right) = 0$$

$$CF_{\text{nitrogênio (N)}} = 5 - \left(2 + \frac{1}{2} \times 6 \right) = 0$$

Possível

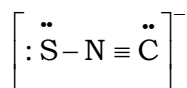


$$CF_{\text{enxofre (S)}} = 6 - \left(4 + \frac{1}{2} \times 4 \right) = 0$$

$$CF_{\text{carbono (c)}} = 4 - \left(0 + \frac{1}{2} \times 8 \right) = 0$$

$$CF_{\text{nitrogênio (N)}} = 5 - \left(4 + \frac{1}{2} \times 4 \right) = -1$$

Possível

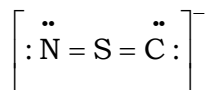


$$CF_{\text{enxofre (S)}} = 6 - \left(4 + \frac{1}{2} \times 2 \right) = +1$$

$$CF_{\text{nitrogênio (N)}} = 5 - \left(0 + \frac{1}{2} \times 8 \right) = +1$$

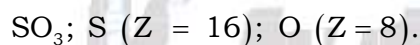
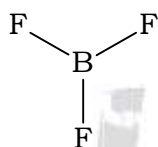
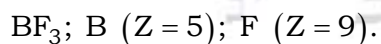
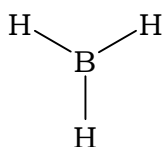
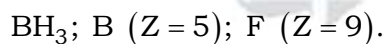
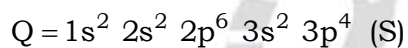
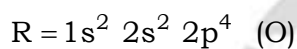
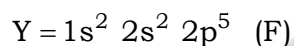
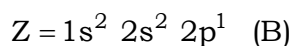
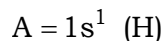
$$CF_{\text{carbono (c)}} = 4 - \left(2 + \frac{1}{2} \times 6 \right) = -1$$

Muito instável (C^{-1} e N^{+1}).

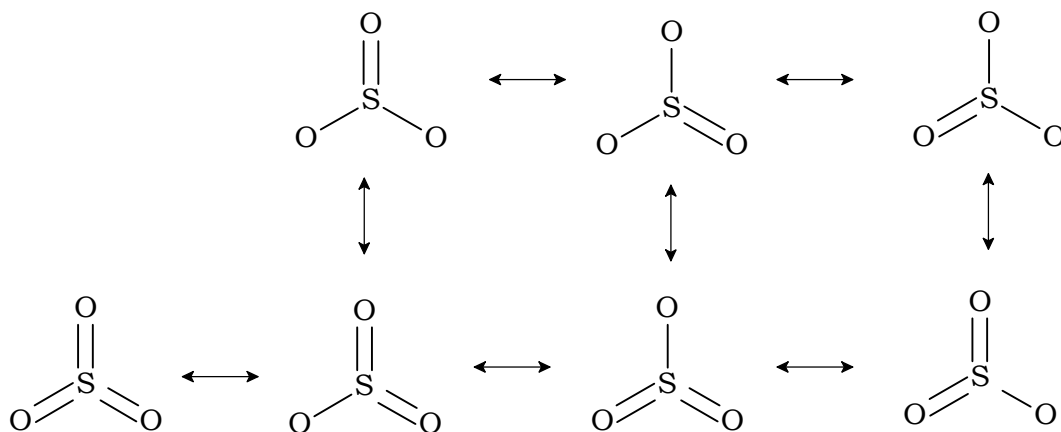


$$\left. \begin{aligned} \text{CF}_{\text{nitrogênio (N)}} &= 5 - \left(4 + \frac{1}{2} \times 4 \right) = -1 \\ \text{CF}_{\text{enxofre (S)}} &= 6 - \left(0 + \frac{1}{2} \times 8 \right) = +2 \\ \text{CF}_{\text{carbono (C)}} &= 4 - \left(4 + \frac{1}{2} \times 4 \right) = -2 \end{aligned} \right\} \text{ Improvável (S}^{+2} \text{ e C}^{-2} \text{)}$$

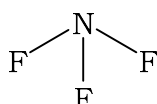
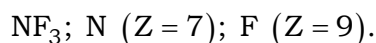
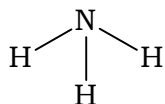
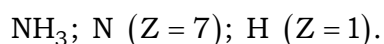
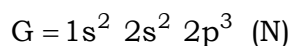
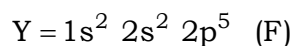
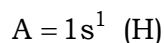
b) Fórmula molecular de uma molécula com geometria trigonal planar: ZA_3 , ZY_3 e QR_3 .



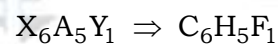
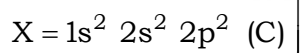
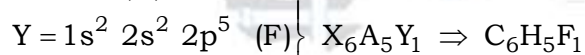
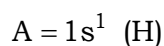
Com as estruturas de ressonância:



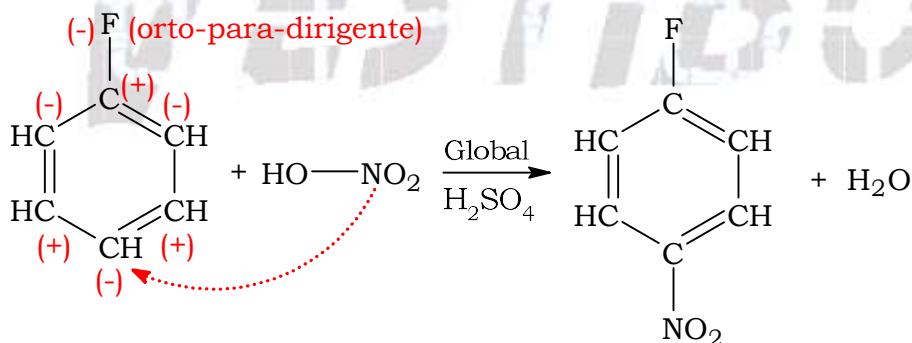
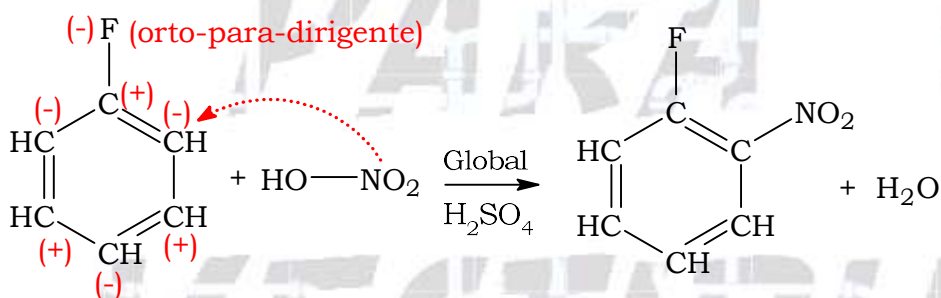
Fórmula molecular de uma molécula do tipo pirâmide trigonal ou piramidal: GA_3 , GY_3



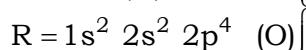
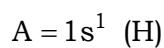
c) Composto formado por 6X, 5A e 1Y: $C_6H_5F_1$.

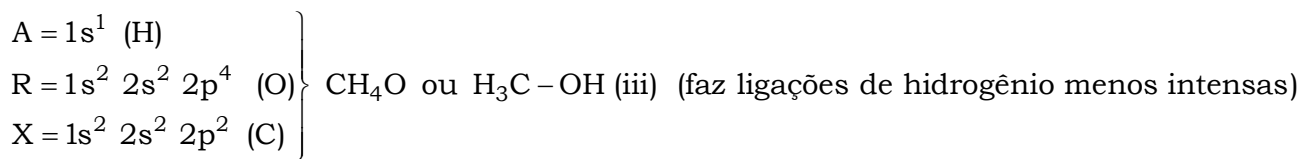
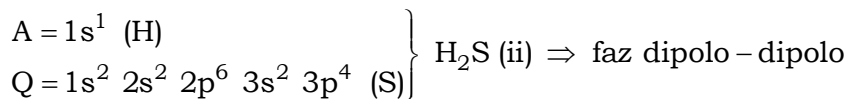


Reação com HNO_3 (concentrado), H_2SO_4 a $25^\circ C$:



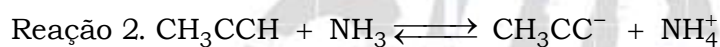
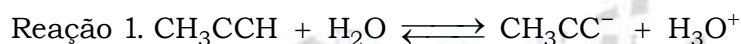
d) Ordem crescente de ponto de ebulição das moléculas compostas por (i) 2 A e 1R; (ii) 2A e 1Q e (iii) 1X, 4A e 1R: (ii) < (iii) < (i).





Quanto mais intensas forem as interações intermoleculares, maiores serão os pontos de ebulição. Então: $\text{H}_2\text{S (ii)} < \text{H}_3\text{C-OH (iii)} < \text{H}_2\text{O (i)}$.

Questão 6. Considere as reações e os dados abaixo:



Dados:

$$\text{pK}_a [\text{propino}] = 25,00$$

$$\text{pK}_b [\text{H}_2\text{O}] = 15,70$$

$$\text{pK}_b [\text{amônia}] = 4,75$$

$$\text{pK}_b [\text{NH}_2^-] = -22,00$$

Determine os valores numéricos de pK_a e pK_b para as demais espécies e utilize esses valores para indicar se o equilíbrio de cada uma das reações abaixo favorece ou não a formação dos produtos.

a) Reação 1.

b) Reação 2.

c) Reação 3.

Resolução:

a) Reação 1.

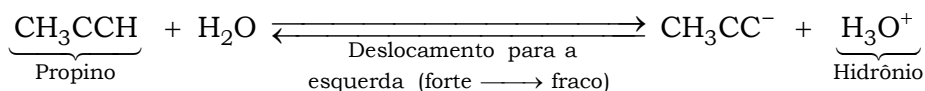
$$\text{pK}_b = 15,70 \text{ (água)}; \text{pK}_a = ?$$

$$\text{pK}_W = \text{pK}_a + \text{pK}_b \Rightarrow 14 = \text{pK}_a + 15,70$$

$$\text{pK}_a = 14 - 15,70 = -1,70 \text{ (H}_3\text{O}^+)$$

$$\text{pK} = -\log K \Rightarrow K = 10^{-\text{pK}}$$

Quanto menor o valor de pK , mais forte será a espécie química.



$$\text{pK}_a = 25,00$$

$$\text{pK}_a = -1,70 \text{ (mais forte)}$$

O equilíbrio ficará deslocado para a esquerda, pois -1,70 é menor do que 25,00.

b) Reação 2.

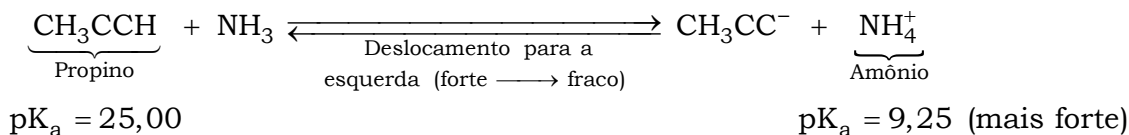
$$pK_b = 4,75 \text{ (amônia)}; pK_a = ?$$

$$pK_w = pK_a + pK_b \Rightarrow 14 = pK_a + 4,75$$

$$pK_a = 14 - 4,75 = 9,25 \text{ (NH}_4^+)$$

$$pK = -\log K \Rightarrow K = 10^{-pK}$$

Quanto menor o valor de pK, mais forte será a espécie química.



O equilíbrio ficará deslocado para a esquerda, pois 9,25 é menor do que 25,00.

c) Reação 3.

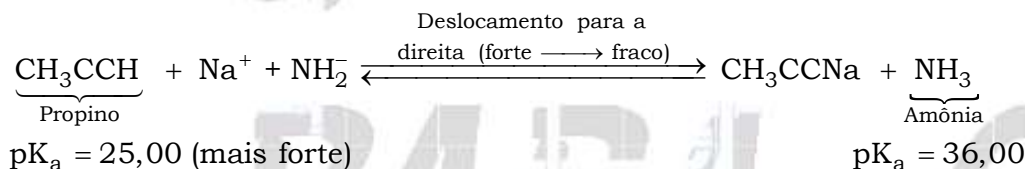
$$pK_b = -22,00 \text{ (NH}_2^-); pK_a = ?$$

$$pK_w = pK_a + pK_b \Rightarrow 14 = pK_a + (-22,00)$$

$$pK_a = 14 + 22,00 = 36,00 \text{ (NH}_3)$$

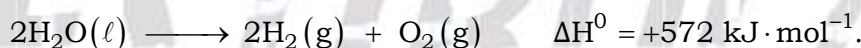
$$pK = -\log K \Rightarrow K = 10^{-pK}$$

Quanto menor o valor de pK, mais forte será a espécie química.



O equilíbrio ficará deslocado para a direita, pois 25,00 é menor do que 36,00.

Questão 7. Uma célula fotoeletroquímica utiliza um semicondutor sensível à luz como eletrodo fotoativo, capaz de promover a decomposição da água pela energia luminosa, gerando hidrogênio (H₂) no cátodo e oxigênio (O₂) no ânodo:



O semicondutor absorve luz com comprimento de onda máximo de 450 nm. A energia dessa luz é utilizada para excitar elétrons e iniciar a reação de oxirredução da água. Suponha que cada fóton absorvido gere um elétron.

a) Escreva as semirreações que ocorrem no cátodo e no ânodo durante a decomposição da água.

b) Sabendo que o semicondutor absorve luz com comprimento de onda igual a 450 nm, determine o valor numérico da energia fornecida pela luz no processo fotoeletroquímico para gerar 1 mol de H₂ pela decomposição da água.

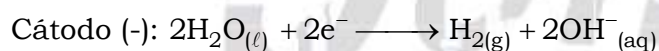
c) Suponha que a célula receba uma potência luminosa de 10 W.m⁻² durante 1 hora, com fótons de 450 nm incidindo em uma área de 0,2 m². Determine o valor numérico da quantidade máxima de H₂, em mols, que poderia ser gerada nesse tempo, assumindo eficiência quântica de 100 %.

d) Sabendo que o tanque de um carro movido a hidrogênio armazena 5,65 kg de H_2 comprimido a 700 bar, determine o valor numérico da energia mínima necessária para gerar essa quantidade de gás pela fotodecomposição da água, utilizando o semicondutor.
Despreze os efeitos da alta pressão.

e) Determine o valor numérico do comprimento de onda máximo, em nm, que um semicondutor deveria absorver para que, de forma hipotética, a energia da luz incidente seja suficiente para gerar 5,65 kg de H_2 , igualando a energia liberada na combustão dessa mesma quantidade de gás. Considere que não há perdas energéticas no processo e que existe uma proporção 1:1 entre elétrons e fótons.

Resolução:

a) Semirreações que ocorrem no cátodo e no ânodo durante a decomposição da água:



b) Determinação o valor numérico da energia fornecida pela luz no processo fotoeletroquímico para gerar 1 mol de H_2 pela decomposição da água:

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

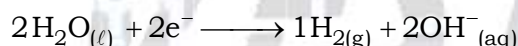
Velocidade da luz no vácuo (v) = $3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (cabeçalho da prova)

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

$$\lambda = 450 \text{ nm} = 450 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} E_{\text{fóton}} = h \times f \\ v = \lambda \times f \end{array} \right\} E_{\text{fóton}} = \frac{h \times v}{\lambda}$$

$$E_{\text{fóton}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{450 \times 10^{-9} \text{ m}} = 0,442 \times 10^{-17} \text{ J}$$



$$2 \text{ mol } e^- \Rightarrow E = 2 \times 6,02 \times 10^{23} \times 0,442 \times 10^{-17} \text{ J}$$

$$E = 0,532168 \times 10^6 \text{ J}$$

$$E = 5,32 \times 10^5 \text{ J ou } 532 \text{ kJ}$$

c) Determinação o valor numérico da quantidade máxima de H_2 , em mols, que poderia ser gerada nesse tempo, assumindo eficiência quântica de 100 %:

$$P = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}; t = 1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}; A = 0,2 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{E}{A \times t}$$

$$10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} = \frac{E}{0,2 \text{ m}^2 \times 3600 \text{ s}}$$

$$1 \text{ W} = \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$E = 10 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot \text{m}^{-2} \times 0,2 \text{ m}^2 \times 3600 \text{ s} = 7200 \text{ J}$$

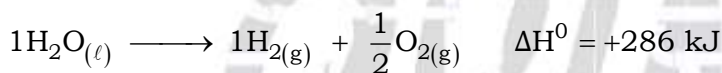
$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ mol (H}_2\text{)} & \text{---} & 5,32 \times 10^5 \text{ J} \\ n_{\text{H}_2} & \text{---} & 7200 \text{ J} \end{array}$$

$$n_{\text{H}_2} = \frac{1 \text{ mol} \times 7200 \text{ J}}{5,32 \times 10^5 \text{ J}} = 1353,38 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2} = 1,35 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

d) Determinação do valor numérico da energia mínima necessária para gerar 5,65 kg de gás hidrogênio (H₂) pela fotodecomposição da água, utilizando o semicondutor:

$$m_{\text{H}_2} = 5,65 \text{ kg} = 5650 \text{ g}$$



$$\begin{array}{rcl} 2 \text{ g} & \text{---} & 286 \text{ kJ} \\ 5650 \text{ g} & \text{---} & E \end{array}$$

$$E = \frac{5650 \text{ g} \times 286 \text{ kJ}}{2 \text{ g}} = 807.950 \text{ kJ}$$

$$E = 8,08 \times 10^5 \text{ kJ}$$

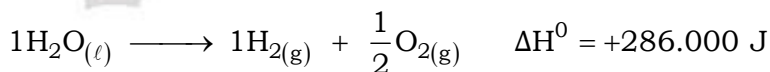
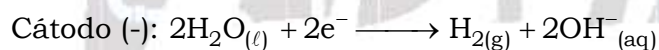
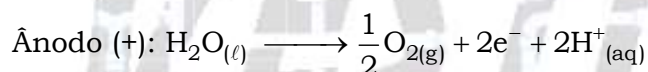
e) Determinação do valor numérico do comprimento de onda máximo, em nm:

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

$$\text{Velocidade da luz no vácuo (v)} = 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (\text{cabeçalho da prova})$$

$$\text{Constante de Avogadro (N}_A\text{)} = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad (\text{cabeçalho da prova})$$

$$\left. \begin{array}{l} E_{\text{fóton}} = h \times f \\ v = \lambda \times f \end{array} \right\} E_{\text{fóton}} = \frac{h \times v}{\lambda}$$



$$2 \text{ mol e}^- \Rightarrow 2 \times 6,02 \times 10^{23} \text{ fótons}$$

$$\Delta H^0 = 2 \times 6,02 \times 10^{23} \times \frac{h \times v}{\lambda}$$

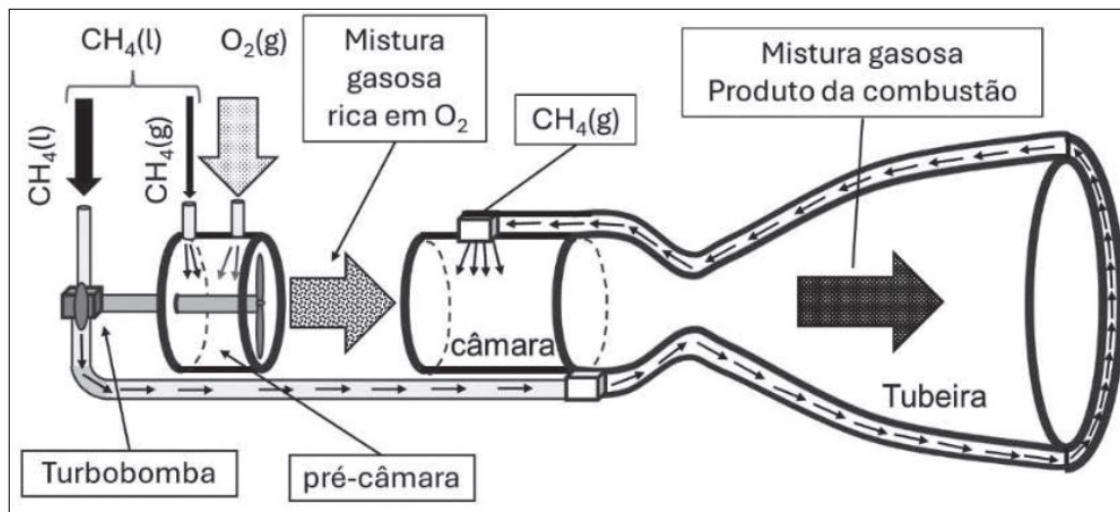
$$286.000 \text{ J} = 2 \times 6,02 \times 10^{23} \times \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{2 \times 6,02 \times 10^{23} \times 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \times 3,0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{286.000 \text{ J}} = 0,0008373 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\lambda = 837,3 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda = 837,3 \text{ nm}$$

Questão 8. Considere um motor-foguete hipotético que utiliza metano criogênico e oxigênio gasoso, funcionando em regime permanente. Nesse motor, uma pequena porcentagem do combustível é injetada (vaporizada) com o oxidante em uma pré-câmara de combustão na qual os gases de combustão (mistura rica em oxigênio) acionam uma turbobomba que pressuriza o combustível a ser queimado na câmara principal, junto com os gases de combustão da pré-câmara.



São fornecidos os seguintes requisitos para esse sistema.

- I.** O calor gerado na câmara de combustão deve ser de 12 MJ. A combustão é completa e gera apenas produtos gasosos.
- II.** A tubeira (região de exaustão dos gases) absorve 0,25 % do calor gerado na câmara de combustão. Esse calor deve ser trocado com $\text{CH}_4(\ell)$, que serve também como fluido de refrigeração, sendo que esse material pode ser aquecido até uma temperatura de 188 K antes de ser injetado, na forma gasosa, na câmara de combustão. Desconsidere o custo de energia na transição de fase do metano, que pode ser realizada por meio da mudança de pressão durante a injeção na câmara principal.
- III.** A turbobomba opera com uma eficiência de 30 %, ou seja, do calor gerado na pré-câmara de combustão, 30 % se tornam energia útil para a pressurização do metano. Também considere que, para cada grama de metano a ser pressurizado, a turbobomba precisa gerar 40 J de energia.

São fornecidas as entalpias de formação em $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$: $\text{CH}_4(\text{g}) = -75$, $\text{O}_2(\text{g}) = 0$, $\text{CO}_2(\text{g}) = -393$ e $\text{H}_2\text{O}(\ell) = -286$, além da entalpia de vaporização da água = $45 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Também são dados o calor específico e a temperatura inicial do metano: $5/3 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ e 98 K, respectivamente. Considere que os dados termodinâmicos independem da temperatura e pressão.

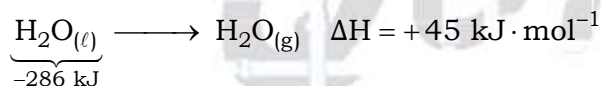
A partir dessas informações, faça o que se pede.

- a)** Escreva a equação química balanceada da reação de combustão do metano e calcule a entalpia da combustão, conforme o requisito I.
- b)** Calcule as massas necessárias, em g, de combustível e oxidante para atender ao requisito I, considerando a reação balanceada do item “a”.
- c)** Calcule a massa de $\text{CH}_4(\text{g})$, em g, que deve ser injetada na pré-câmara de combustão.
- d)** Calcule a massa mínima de $\text{CH}_4(\ell)$, em g, necessária para resfriar a tubeira, conforme II.

Resolução:

- a)** Equação química balanceada da reação de combustão do metano e cálculo a entalpia da combustão, conforme o requisito I:

Entalpia de vaporização da água = $45 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

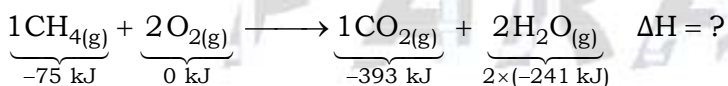


$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

$$+45 \text{ kJ} = H_{(\text{H}_2\text{O}(\text{g}))} - (-286 \text{ kJ})$$

$$H_{(\text{H}_2\text{O}(\text{g}))} = -286 \text{ kJ} + 45 \text{ kJ} = -241 \text{ kJ}$$

Combustão do metano:



$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

$$\Delta H = [-393 \text{ kJ} + (2 \times -241 \text{ kJ})] - [-75 \text{ kJ} + 0 \text{ kJ}]$$

$$\Delta H = -800 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Para } 12 \text{ MJ} = 12.000.000 \text{ J} = 12.000 \text{ kJ}$$

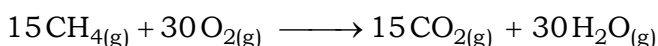
$$800 \text{ kJ} \longrightarrow 1 \text{ mol}$$

$$12.000 \text{ kJ} \longrightarrow n$$

$$n = \frac{12.000 \text{ kJ} \times 1 \text{ mol}}{800 \text{ kJ}}$$

$$n = 15 \text{ mol}$$

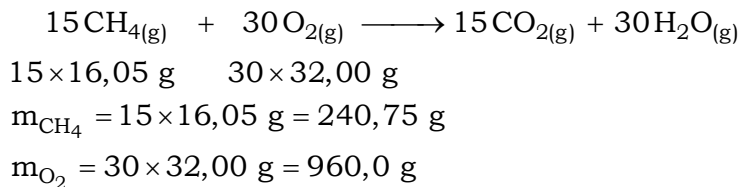
Equação balanceada, conforme requisito:



- b)** Cálculo das massas necessárias, em g, de combustível e oxidante para atender ao requisito I, considerando a reação balanceada do item “a”:

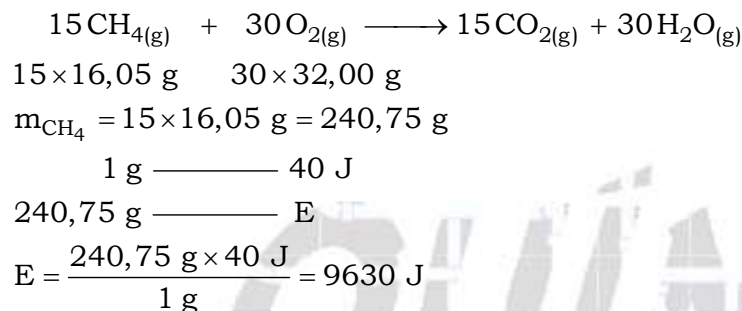
$$\text{CH}_4 = 1 \times 12,01 + 4 \times 1,01 = 16,05; \quad M_{\text{CH}_4} = 16,05 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{O}_2 = 2 \times 16,00 = 32,00; \quad M_{\text{O}_2} = 32,00 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



c) Cálculo da massa de $\text{CH}_4(g)$, em g, que deve ser injetada na pré-câmara de combustão:

De acordo com o texto do enunciado, para cada grama de metano a ser pressurizado, a turbobomba precisa gerar 40 J de energia. Então:



Eficiência de 30 %, então:

$$30 \% \text{ ————— } 9630 \text{ J}$$

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

$$E_{\text{total}} = \frac{100 \% \times 9630 \text{ J}}{30 \%} = 32.100 \text{ J} = 32,1 \text{ kJ}$$

Do item "a" $\Rightarrow \Delta H = -800 \text{ kJ/mol}$

$$16 \text{ g } (\text{CH}_4) \text{ ————— } 800 \text{ kJ liberados}$$

$$m_{\text{CH}_4} \text{ ————— } 32,1 \text{ kJ}$$

$$m_{\text{CH}_4} = \frac{16 \text{ g} \times 32,1 \text{ kJ}}{800 \text{ kJ}} = 0,642 \text{ g}$$

d) Cálculo da massa mínima de $\text{CH}_4(\ell)$, em g, necessária para resfriar a tubeira, conforme II.

De acordo com o texto do enunciado, a tubeira (região de exaustão dos gases) absorve 0,25 % do calor gerado na câmara de combustão. Esse calor deve ser trocado com $\text{CH}_4(\ell)$, que serve também como fluido de refrigeração, sendo que esse material pode ser aquecido até uma temperatura de 188 K. O calor gerado na câmara de combustão deve ser de 12 MJ. Então:

$$12 \text{ MJ} = 12.000 \text{ kJ}$$

$$Q = \frac{0,25}{100} \times 12.000 \text{ kJ} = 30 \text{ kJ} = 30.000 \text{ J}$$

$$T_{\text{inicial}} = 98 \text{ K}$$

$$T_{\text{final}} = 188 \text{ K}$$

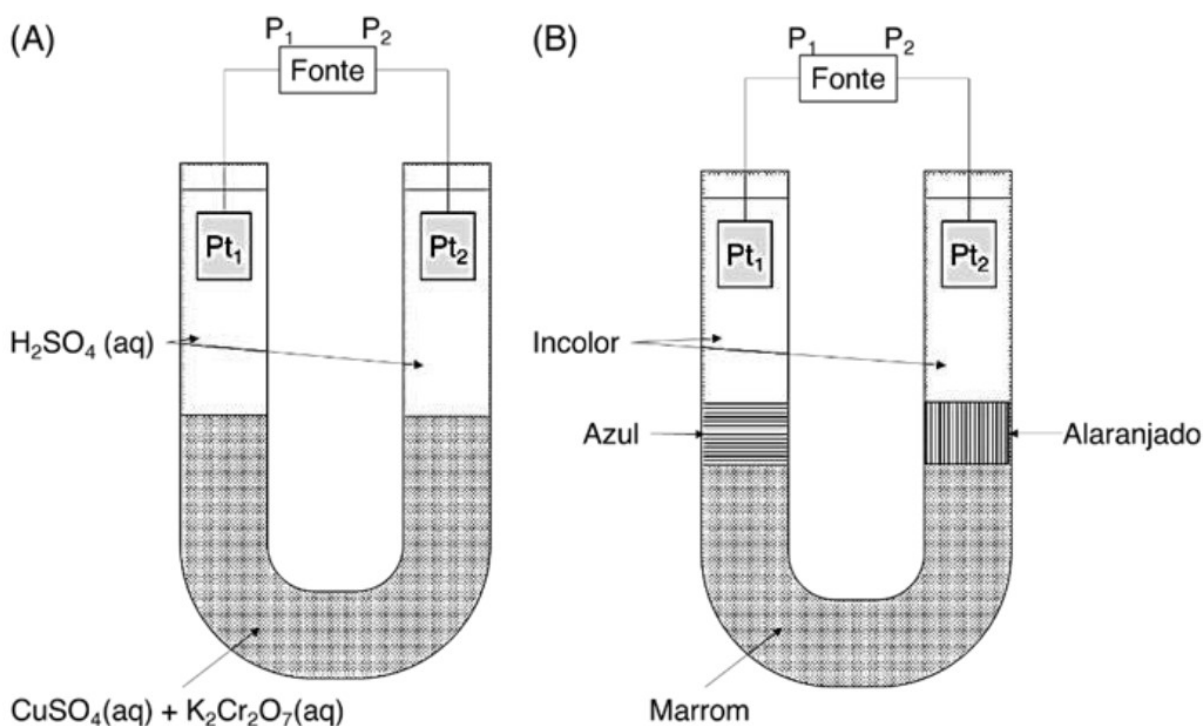
$$c = \frac{5}{3} \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$30.000 \text{ J} = m \times \frac{5}{3} \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (188 - 98) \text{ K}$$

$$m = \frac{3 \times 30.000 \text{ J}}{5 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times (188 - 98) \text{ K}} = 200 \text{ g}$$

Questão 9. O seguinte experimento foi realizado para analisar alguns conceitos de eletrólise: uma solução aquosa de sulfato de cobre (azul) e uma solução aquosa de dicromato de potássio (alaranjada) foram misturadas em concentrações equimolares, resultando em uma solução de coloração marrom. Essa mistura foi colocada em uma célula eletrolítica em forma de U que foi, então, cuidadosamente preenchida de ambos os lados com uma solução de ácido sulfúrico diluído (incolor). Duas placas de platina (Pt_1 e Pt_2) foram imersas na solução, uma em cada braço do tubo em U, e conectadas aos polos (P_1 e P_2) de uma fonte externa, conforme mostra o esquema da Figura (A). A Figura (B) indica as frações de coloração da solução na célula, após um certo período de eletrólise da solução.

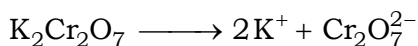
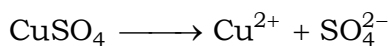
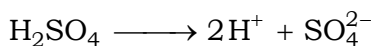


Com base nessas informações, faça o que se pede.

- Liste todas as espécies iônicas presentes no meio.
- Explique de forma sucinta por que surgem as camadas de solução de cor azul e alaranjada, observadas na Figura (B), após a eletrólise.
- Indique qual placa de platina (Pt_1 ou Pt_2) atua como anodo e como catodo e escreva as respectivas semirreações que ocorrem preferencialmente nesses eletrodos.
- Indique qual dos polos da fonte (P_1 ou P_2) é positivo, qual é negativo e qual a direção da corrente elétrica.

Resolução:

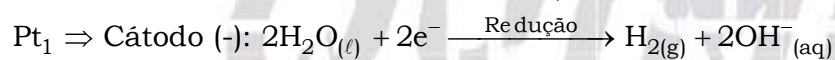
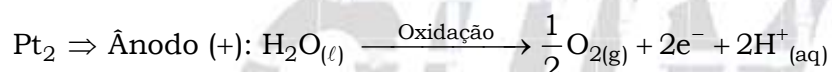
a) Principais espécies iônicas presentes no meio: H^+ (H_3O^+), SO_4^{2-} , Cu^{2+} , K^+ e $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.



b) O azul surge a partir da interação dos cátions Cu^{2+} que são atraídos pelo polo negativo (Pt_1).

O alaranjado surge a partir da interação dos ânions $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ que são atraídos pelo polo positivo (Pt_2).

c) Pt_2 atua como ânodo (polo positivo da eletrólise) e Pt_1 atua como cátodo (polo negativo da eletrólise).

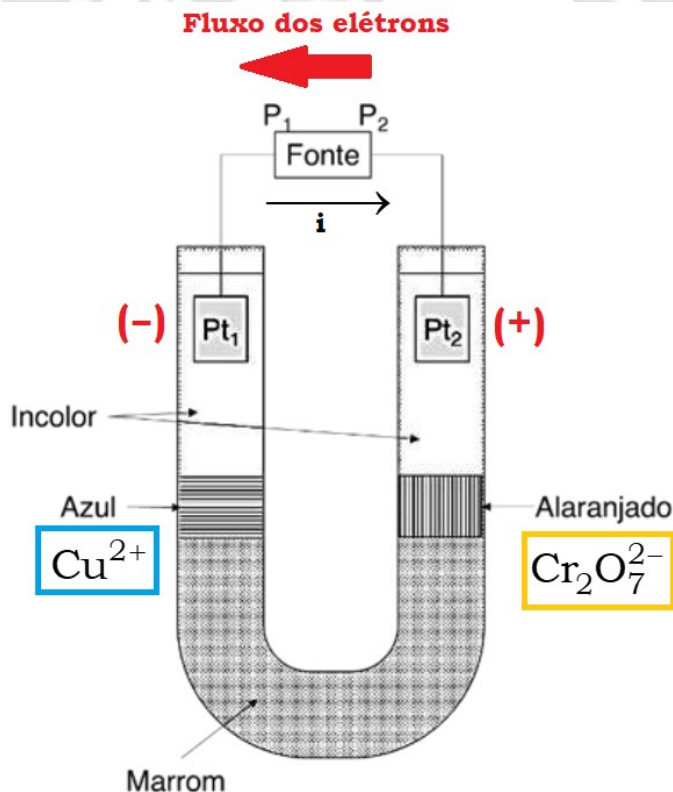


d) P_1 está ligado a Pt_1 onde ocorre redução, logo é polo negativo.

P_2 está ligado a Pt_2 onde ocorre oxidação, logo é polo positivo.

A direção ou sentido da corrente elétrica (i) é do polo negativo (P_1) para o polo positivo (P_2).

Contrário ao fluxo dos elétrons.



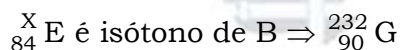
Questão 10. Um elemento J possui massa atômica igual a 238 e número atômico 92. J sofre decaimentos de partículas alfa e forma o elemento A_Z^X , em que X representa a massa e Z o número de prótons. Considerações: i) o elemento A é isóbaro de E; ii) E é isótono de G; iii) G pode ser formado pelo decaimento de uma partícula beta (e^-) do elemento Q, que possui massa 232 e número atômico 89 e iv) o elemento E apresenta 84 prótons.

Com base nessas informações, determine

- a) X;
- b) Z;
- c) número de partículas alfa emitidas por J.

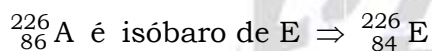
Resolução:

Começando o raciocínio do final para o início do enunciado da questão, vem:



$$X - 84 = 232 - 90$$

$$X = 232 - 90 + 84 = 226$$



- a) $X = 226$.
- b) $Z = 86$.
- c) Número de partículas alfa emitidas por J = 3.

