

## 1ª QUESTÃO

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 1 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

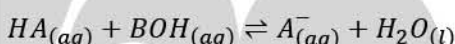
- do ácido na Solução 2;
- do ácido na Solução 1;
- da base na Solução 3.

COLÉGIO  
**master** *Resolve*  
INSINA NO COLÉGIO. EDUCA NA VIDA.

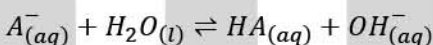
**Assunto:** Equilíbrio químico

**(A) i) Ponto de equivalência:**

No ponto de equivalência de um ácido fraco (HA) com uma base forte (BOH), todo o ácido é convertido em sua base conjugada



O pH básico é consequência da hidrólise da base conjugada formada:



ii) Calcular o  $K_b$  da base conjugada:

Sendo  $K_w = K_a \cdot K_b$ ;  $K_w = 10^{-14}$  e  $K_a = 10^{-12}$

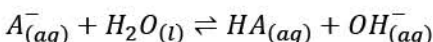
$$10^{-14} = 10^{-12} \cdot K_b \therefore K_b = 10^{-2}$$

iii) Usar o pH no ponto de equivalência:

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

$$[OH^-] = 10^{-2} M$$

iv) Calcular a concentração da base conjugada ( $A^-$ ):



Ínicio	Ca	0	0
$\Delta$	-x	+x	+x
Final	Ca-x	x	x

$$K_b = \frac{[HA][OH^-]}{[A^-]}$$

Sendo  $[OH^-] = x = 10^{-2}$

$$10^{-2} = \frac{10^{-2} \cdot 10^{-2}}{Ca - 10^{-2}}$$

$$Ca = 2 \cdot 10^{-2}$$

$[A^-] = 0,02 M$  no ponto de equivalência

v) Calcular a concentração da solução 2:

Volume total de solução: 2 mL + 38 mL = 40 mL ou 0,04 L

$$n_{A^-} = [A^-] \cdot V = 0,02 \cdot 0,04$$

$$n_{A^-} = 0,0008 \text{ mol}$$

Esses 0,008 mols da base conjugada vieram de todo o HA que reagiu, portanto  $n_{HA} = 0,008 \text{ mol}$ . Além disso, todo o HA é proveniente de 2 mL da solução 2.

Encontrando a concentração de HA na solução 2:

$$[HA] = \frac{n_{HA}}{V} = \frac{0,0008}{0,002}$$

$$[HA]_{sol 2} = 0,4 M$$

**(B) Este é um cálculo de diluição simples:**

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$C_1 \cdot 4 \text{ mL} = 0,4 M \cdot 20 \text{ mL}$$

$$C_1 = 2,0 M$$

**(C) No ponto de equivalência:**

$$n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$$

$$[\text{ácido}] \cdot V_{\text{ácido}} = [\text{base}] \cdot V_{\text{base}}$$

$$0,4 M \cdot 2 \text{ mL} = [\text{base}] \cdot 38 \text{ mL}$$

$$[\text{base}] \cong 0,021 M$$

## 2ª QUESTÃO

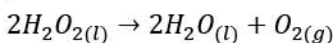
A decomposição do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) ocorre segundo esta equação:  $2H_2O_2(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)$ . Em um experimento, 100 mL de uma solução  $0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  de  $H_2O_2$  decompõem-se na presença de um catalisador. Sabendo que a constante de velocidade é  $0,0693 \text{ min}^{-1}$ , calcule os seguintes valores numéricos:

- volume de  $O_2(g)$  produzido a  $25^\circ C$  e 1 atm, ao término da reação;
- concentração de  $H_2O_2$  restante em 5 minutos.

COLEGIO **master** *Resolve*  
ENSINA NO COLÉGIO. EDUCA NA VIDA.

### Assunto: Cinética Química

De acordo com a questão:



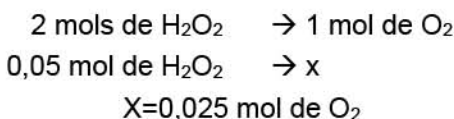
Além disso, a questão informa que a concentração inicial de peróxido de hidrogênio é  $0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$  em uma solução cujo volume é de 100 mL ou 0,1 L. Ademais, a questão também informa que a constante de velocidade vale  $0,0693 \text{ min}^{-1}$  ( $\ln 2/10$ ).

(a) Para uma pressão de 1 atm e temperatura de  $25^\circ C$  (298 K), a questão pede o volume de gás oxigênio ( $O_2$ ).

- Conhecendo-se a concentração e o volume da solução de  $H_2O_2$ , pode-se calcular o número de mols de  $H_2O_2$ :

$$[H_2O_2] = \frac{n_{H_2O_2}}{V} \therefore n_{H_2O_2} = [H_2O_2]V = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 0,1 L = 0,05 \text{ mol}$$

- Pela estequiometria da questão, encontra-se o número de mols de gás oxigênio:



- Considerando gás ideal:

$$PV = nRT \therefore V_{O_2} = \frac{n_{O_2}RT}{P}$$

$$V_{O_2} = \frac{0,025 \text{ mol} \times 0,082 \text{ atm} \cdot L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot K^{-1} \times 298 K}{1 \text{ atm}} \approx 0,61 L$$

(b) Pela unidade da constante de velocidade, pode-se observar que a cinética é de primeira ordem, logo:

$$[H_2O_2] = [H_2O_2]_0 e^{-kt} \therefore [H_2O_2] = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1} e^{-0,0693 \text{ min}^{-1} \times 5 \text{ min}} \approx 0,3536 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

Obs1: Para se saber a ordem a partir da unidade da constante de velocidade, pode fazer:

$$[k] = [ ]^{1-n} t^{-1} \therefore [k] = (\text{mol} \cdot L^{-1})^{1-1} \text{ min}^{-1} \therefore n = 1$$

Obs2: Para uma cinética de primeira ordem:

$$\ln [ ]_t = -kt + \ln [ ]_0 \therefore [ ]_t = [ ]_0 e^{-kt}$$

Obs3: Se formos rigorosos (considerando k para a velocidade da reação com os coeficientes fornecidos), então:

$$v = -\frac{1}{2} \frac{d[H_2O_2]}{dt} = k[H_2O_2] \therefore \frac{d[H_2O_2]}{[H_2O_2]} = -2kdt$$

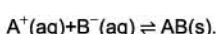
Assim, a lei de velocidade integrada seria:

$$[H_2O_2] = [H_2O_2]_0 e^{-2kt}$$

$$[H_2O_2] = 0,5 \text{ mol} \cdot L^{-1} e^{-2 \times 0,0693 \text{ min}^{-1} \times 5 \text{ min}} \approx 0,25 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

### 3ª QUESTÃO

Uma solução aquosa a 100 °C recebe energia na forma de calor a partir de uma fonte com potência igual a 540 cal·s<sup>-1</sup>. A solução possui um volume inicial de 1 L e contém 2·10<sup>-3</sup> mol de uma substância A<sup>+</sup> e 1·10<sup>-3</sup> mol de uma substância B<sup>-</sup>. 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:

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

Dados:

$$K_{ps}(AB) = 1 \cdot 10^{-5}; \Delta H_{\text{ebulição}}(H_2O) = 540 \text{ cal} \cdot g^{-1}; \text{ massa específica da água } (\rho) = 1 \text{ g} \cdot mL^{-1}$$

#### Assunto: Equilíbrio Iônico

a) Tem-se:

$$[A^+]_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$[B^-]_0 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

$$Q_{ps_0} = [A^+]_0 \cdot [B^-]_0 = 2 \cdot 10^{-6} < K_{ps}[AB_{(s)}] \text{ (Não há sólido no início)}$$

Sendo:

$$\frac{[A^+]_0}{[B^-]_0} = 2$$

Tem-se que num instante “t” do início de precipitação, o volume da solução “V”:

$$\frac{[A^+]_t}{[B^-]_t} = \frac{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{V}}{\frac{1 \cdot 10^{-3}}{V}} = 2$$

Em que:

$$K_{ps} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{V} \times \frac{1 \cdot 10^{-3}}{V}$$

$$1 \cdot 10^{-5} = \frac{2 \cdot 10^{-6}}{V^2}$$

$$V = \sqrt{0,2} = \sqrt{\frac{1}{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5} = \frac{2,24}{5} = 0,448 \text{ L}$$

Dessa forma, a energia necessária para a precipitação é:

$$\Delta H = (1000 - 448) \text{ mL} \times \left(1 \frac{g}{\text{mL}}\right) \times \left(540 \frac{\text{cal}}{g}\right) = 552 \cdot 540 \text{ cal}$$

E o tempo necessário para a precipitação é:

$$t = \frac{552 \cdot 540 \text{ cal}}{540 \frac{\text{cal}}{s}} = 552 \text{ s}$$

b) Para um volume V' =  $\frac{\sqrt{5}}{10}$  L = 0,224 L, teremos:

Como há precipitado:

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

$$1 \cdot 10^{-5} = \frac{2 \cdot 10^{-3} - x \cdot 10^{-3}}{\frac{\sqrt{5}}{10}} \times \frac{1 \cdot 10^{-3} - x \cdot 10^{-3}}{\frac{\sqrt{5}}{10}}$$

$$\left(\frac{\sqrt{5}}{10}\right)^2 \frac{1 \cdot 10^{-5}}{10^{-6}} = (2 - x)(1 - x)$$

$$0,5 = (2 - x)(1 - x)$$

As raízes da equação são:  $x_1 = 0,63$ ;  $x_2 = 2,37$

A raiz com significado é 0,63. Assim, podemos calcular a concentração de A<sup>+</sup> e a de B<sup>-</sup>:

$$[A^+] = \frac{(2 - 0,63) \cdot 10^{-3}}{0,224} = 6,12 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$[B^-] = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{6,12 \cdot 10^{-3}} = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$



## 4ª QUESTÃO

Considere o sólido BGN com composição em porcentagem molar de  $60\text{SiO}_2 \cdot 36\text{CaO} \cdot 4\text{Nb}_2\text{O}_5$ . 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.

- Apresente o valor numérico da massa necessária do oxalato amoniacal de nióbio hidratado para o preparo de 10 gramas de BGN.
- Determine o valor do "n" no  $\text{NH}_4[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

COLEGIO **master** *Resolve*  
INSISMA NO COLEGIO. EDUCA NA VIDA.

**Assunto: Estequiometria**

Tem-se que o BGN é:



Enquanto o oxalato amoniacal de nióbio hidratado é:



a) Tem-se:

$$m_{\text{Nb}_2\text{O}_5} = \left( \frac{4MM_{\text{Nb}_2\text{O}_5}}{60MM_{\text{SiO}_2} + 36MM_{\text{CaO}} + 4MM_{\text{Nb}_2\text{O}_5}} \right) \cdot m_{\text{BGN}}$$

$$m_{\text{Nb}_2\text{O}_5} = \left( \frac{28,5}{100} \right) \cdot m_{(\text{NH}_4)[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}}$$

Igualando as duas expressões:

$$\left( \frac{4MM_{\text{Nb}_2\text{O}_5}}{60MM_{\text{SiO}_2} + 36MM_{\text{CaO}} + 4MM_{\text{Nb}_2\text{O}_5}} \right) \cdot m_{\text{BGN}} = \left( \frac{28,5}{100} \right) \cdot m_{(\text{NH}_4)[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}}$$

$$\left[ \frac{4(265,8)}{60(60) + 36(56) + 4(265,8)} \right] \cdot 10 = \left( \frac{28,5}{100} \right) \cdot m_{(\text{NH}_4)[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{(\text{NH}_4)[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}} = 5,6\text{g}$$

b) Para o cálculo de "n", tem-se:

$$\frac{n_{\text{Nb}_2\text{O}_5}}{n_{(\text{NH}_4)[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\frac{m_{\text{Nb}_2\text{O}_5}}{MM_{\text{Nb}_2\text{O}_5}}}{\frac{m_{(\text{NH}_4)[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}}{MM_{(\text{NH}_4)[\text{NbO}(\text{C}_2\text{O}_4)_2] \cdot n\text{H}_2\text{O}}}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\frac{28,5}{265,8}}{\frac{100}{(302,9 + 18n)}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{n = 9}$$

## 5ª QUESTÃO

Considere os elementos com as seguintes configurações eletrônicas:

A = $1s^1$	R = [He] $2s^2 2p^4$
Z = [He] $2s^2 2p^1$	Y = [He] $2s^2 2p^5$
X = [He] $2s^2 2p^2$	Q = [Ne] $3s^2 3p^4$
G = [He] $2s^2 2p^3$	

Identifique os átomos e faça o que se pede:

- Quantos arranjos atômicos são possíveis formar para o ânion (-1), com a composição de 1X, 1G e 1Q?
- Indique a fórmula molecular de uma molécula com geometria trigonal planar e uma pirâmide trigonal com os átomos descritos acima.
- O Composto formado por 6X, 5A e 1Y reage com  $\text{HNO}_3$  (concentrado),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 25 °C. Considerando essa reação, desenhe a(s) estrutura(s) molecular(es) do(s) produto(s) principal(is) formado(s).
- 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.

COLEGIO **master** *Resolve*  
INSINA NO COLEGIO. EDUCA NA VIDA.

### Assunto: Ligações Químicas + Reações Orgânicas

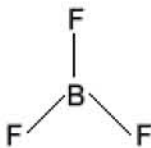
Primeiro vamos identificar os átomos:

A = Hidrogênio (H)	R = Oxigênio (O)
Z = Boro (B)	Y = Flúor (F)
X = Carbono (C)	Q = Enxofre (S)
G = Nitrogênio (N)	

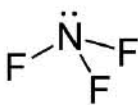
A) São possíveis três arranjos atômicos:

SCN <sup>-</sup>	[S=C=N] <sup>-</sup>
CSN <sup>-</sup>	[C≡S-N] <sup>-</sup>
CNS <sup>-</sup>	[C≡N-S] <sup>-</sup>

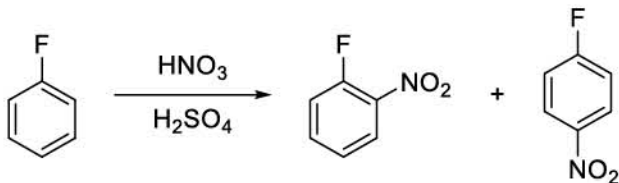
B) Geometria trigonal plana –  $\text{BF}_3$



Geometria pirâmide trigonal –  $\text{NF}_3$

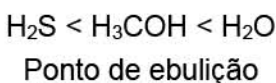


C) O composto considerado é o  $\text{C}_6\text{H}_5\text{F}$  (flúor benzeno) e nas condições citadas sofre uma nitração (substituição eletrofílica), sendo o flúor um orto-para dirigente.



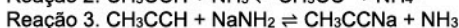
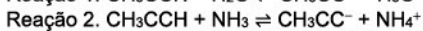
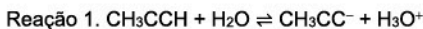
- $\text{H}_2\text{O}$  - água
  - $\text{H}_2\text{S}$  – sulfeto de hidrogênio
  - $\text{H}_3\text{COH}$  - metanol

O  $\text{H}_2\text{S}$  apresenta interações de dipolo permanente-dipolo permanente e por isso apresenta menor temperatura de ebulição. Água e metanol apresentam interações por ligações de hidrogênio, mas a água apresenta um maior número de ligações de hidrogênio e por isso apresenta maior temperatura de ebulição.



## 6ª QUESTÃO

Considere as reações e os dados abaixo:



Dados:

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

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

$$pK_b[\text{amônia}] = 4,75$$

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

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.

- Reação 1.
- Reação 2.
- Reação 3.

**Assunto:** Ácidos e Bases em Química Orgânica.

A chave dessa questão é descobrir o  $pK_a$  e  $pK_b$  de todas as espécies da questão.

Relações úteis,

$$pK_a(\text{ácido}) + pK_b(\text{base conjugada}) = 14.$$

Logo,

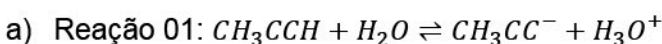
$$pK_a(\text{propino}) + pK_b(\text{propineto}) = 14 \therefore pK_b(\text{propineto}) = -11$$

$$pK_a(\text{H}_3\text{O}^+) + pK_b(\text{H}_2\text{O}) = 14 \therefore pK_a(\text{H}_3\text{O}^+) = -1,7$$

$$pK_a(\text{NH}_4^+) + pK_b(\text{NH}_3) = 14 \therefore pK_a(\text{NH}_4^+) = 9,75$$

$$pK_a(\text{NH}_3) + pK_b(\text{NH}_2^-) = 14 \therefore pK_a(\text{NH}_3) = 36$$

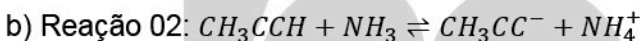
Pelas condições de equilíbrio, sabemos que o ácido e a base mais fracos sempre serão formados (maior somatório  $pK_a + pK_b$ ). Com isso,



$$\text{Somatório } pK_a + pK_b \text{ reagentes} = 25 + 15,7 = 40,7$$

$$\text{Somatório } pK_a + pK_b \text{ produtos} = -11 + (-1,7) = -12,7$$

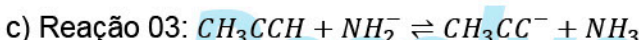
Equilíbrio deslocado para os reagentes.



$$\text{Somatório } pK_a + pK_b \text{ reagentes} = 25 + 4,75 = 29,75$$

$$\text{Somatório } pK_a + pK_b \text{ produtos} = -11 + 9,75 = -1,25$$

Equilíbrio deslocado para os reagentes.



$$\text{Somatório } pK_a + pK_b \text{ reagentes} = 25 + (-22) = 3$$

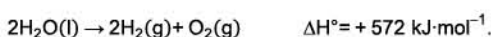
$$\text{Somatório } pK_a + pK_b \text{ produtos} = -11 + 36 = 25$$

Equilíbrio deslocado para os produtos.



## 7ª QUESTÃO

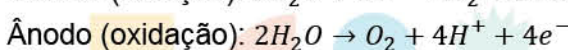
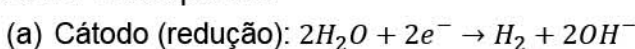
Uma célula fotoeletroquímica utiliza um semicondutor sensível à luz como eletrodo fotoativo, capaz de promover a decomposição da água pela energia luminosa, gerando hidrogênio ( $H_2$ ) no cátodo e oxigênio ( $O_2$ ) no ânodo:



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.

- Escreva as semirreações que ocorrem no cátodo e no ânodo durante a decomposição da água.
- 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  $H_2$  pela decomposição da água.
- Suponha que a célula receba uma potência luminosa de  $10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  durante 1 hora, com fótons de 450 nm incidindo em uma área de  $0,2 \text{ m}^2$ . Determine o valor numérico da quantidade máxima de  $H_2$ , em mols, que poderia ser gerada nesse tempo, assumindo eficiência quântica de 100%.
- 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.
- 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.

## Assunto: Eletroquímica



- (b) De acordo com a equação de Planck sobre a discretização da energia:

$$E = hf \therefore E = \frac{hc}{\lambda} ; c = \lambda f$$

Portanto, para 1 fóton:

$$E_1 = \frac{6,63 \times 10^{-34} \text{ Js} \times 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}}{4,5 \times 10^{-7} \text{ m}} \therefore E_1 = 4,42 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Para 1 mol de fóton:

$$E = N_A E_1 \therefore E = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times 4,42 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$E = 265,8 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Como são 2 fótons (2 elétrons) por mol de  $H_2O$ , logo:

$$E_{H_2} = 2E \therefore E = 2 \times 265,8 \text{ kJ mol}^{-1} = 531,7 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Note que essa energia é maior que o  $\Delta H^\circ$  fornecido. Isso ocorre pois, parte da energia dos fótons deve ser aproveitado/dissipado de outras formas por exemplo, na ativação da reação.

- (c) Conforme sabemos:

$$P = 10 \text{ W m}^{-2} \times 0,2 \text{ m}^2 = 2 \text{ W}$$

Para um tempo de 1h=3600s, teremos:

$$E_{total} = Pt = 2 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 7200 \text{ J}$$

Assim, o número de fótons será:

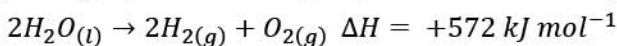
$$N_{fótons} = \frac{E_{total}}{E_1} = \frac{7200 \text{ J}}{4,42 \times 10^{-19} \text{ J}} = 1,63 \times 10^{22} \text{ fótons}$$

Portanto, como são 2 fótons por molécula de  $H_2O$ :

$$n_{H_2O} = \frac{1,63 \times 10^{22} / 2}{6,02 \times 10^{23}} = 0,0135 \text{ mol}$$

Como na reação,  $n_{H_2} = 0,0135 \text{ mol}$ .

- (d) i) Energia para a decomposição de 2 mols de água:



Essa energia é a energia que é consumida para 2 mols de  $H_2$ , a energia por mol:

$$\frac{572}{2} = +286 \text{ kJ mol}^{-1}$$

- ii) Calcular o número de mols de  $H_2$ :

$$n_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{MM_{H_2}} = \frac{5650}{2} = 2825 \text{ mols de } H_2$$

- iii) Calcular a energia para o número de mols de  $H_2$  encontrado:

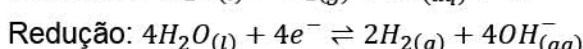
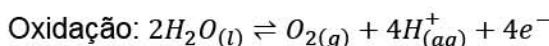
$$E = 286 \cdot 2825$$

$$E = +807.950 \text{ kJ}$$

- (e)

- i) Processo dos elétrons:

A decomposição de água é um processo de envolve 4 elétrons, tanto em meio ácido como em meio básico.



- ii) Energia por mol de fóton:

$$E_{\text{mol de fóton}} = \frac{572}{4} = 143 \text{ kJ mol}^{-1}$$

- iii) Energia por fóton:

$$E_{\text{fóton}} = \frac{143 \cdot 10^3}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2,37 \cdot 10^{-19}$$

- iv) Determinação do valor do comprimento de onda:

$$\text{Sendo } E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\lambda} = 2,37 \cdot 10^{-19}$$

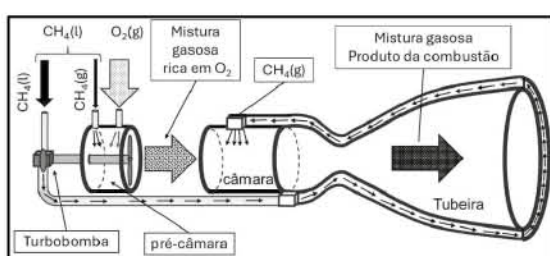
$$\lambda = 8,39 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

Convertendo para nanômetros:

$$\lambda = 839 \text{ nm}$$

## 8ª QUESTÃO

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.

- O calor gerado na câmara de combustão deve ser de 12 MJ. A combustão é completa e gera apenas produtos gasosos.
- A tubeira (região de exaustão dos gases) absorve 0,25% do calor gerado na câmara de combustão. Esse calor deve ser trocado com  $\text{CH}_4(\text{l})$ , 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.
- 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  $\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = -286$ , 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.

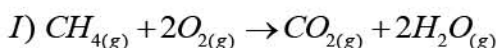
A partir dessas informações, faça o que se pede.

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

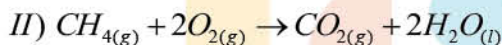
COLÉGIO **master** *Resolve*  
INSISIA NO COLÉGIO. EDUCAÇÃO NA VIDA.

### Assunto: Termoquímica

- A combustão completa formará apenas produtos gasosos, logo a reação será:



Para o cálculo do  $\Delta H_{\text{I}}$ , tem-se:



$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{II}} &= \sum n \cdot \Delta H_f(\text{Produtos}) - \sum n \cdot \Delta H_f(\text{Reagentes}) = \\ &= \{2\Delta H_f[\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}] + \Delta H_f[\text{CO}_{2(\text{g})}]\} - \{\Delta H_f[\text{CH}_{4(\text{g})}] + 2\Delta H_f[\text{O}_{2(\text{g})}]\} = \\ &= [2(-286) + (-393)] - [(-75) + 2(0)] = -890 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1} \end{aligned}$$



Em que:

$$\text{I} = \text{II} + 2(\text{III})$$

$$\Delta H_{\text{I}} = -890 + 2(45) = \boxed{-800 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}}$$

- Para a produção de 12 MJ na câmara de combustão é necessário:

$$n_{\text{CH}_4} = \frac{12 \cdot 10^3}{800} = 15 \text{ mol} \Rightarrow \boxed{240\text{g de CH}_4}$$

A massa estequiométrica de  $\text{O}_2$  necessária é:

$$\frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{CH}_4}} = 2 \Rightarrow m_{\text{O}_2} = 2 \cdot 15 \cdot 32 = \boxed{960\text{g de O}_2}$$

- Para a pressurização dos 240g de metano são necessários  $40 \cdot 240 \text{ J}$  de energia, que deve corresponder a 30% do calor gerado na pré-câmara de combustão. Logo, serão provenientes da pré-câmara de combustão:

$$\left( \frac{40 \cdot 240}{0,3} \right) = 32000 \text{ J} = 32 \text{ kJ de calor}$$

Logo, a massa de  $\text{CH}_4$  a ser injetada na pré-câmara de combustão é:

$$m_{\text{CH}_4} = 16 \cdot \left( \frac{32}{800} \right) = \boxed{0,64\text{g}}$$

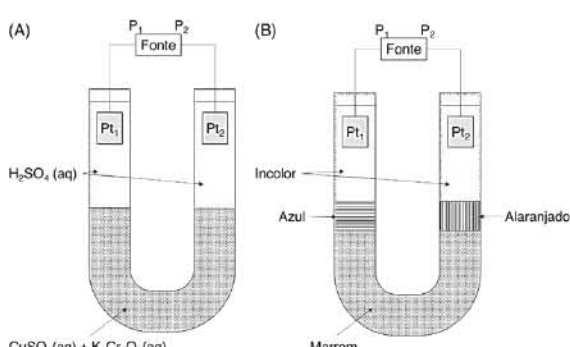
- Como a temperatura máxima de aquecimento é 188K e o metano líquido absorve 0,25% do calor da câmara de combustão, a massa mínima de metano líquido, será:

$$m_{\text{CH}_4} = \frac{12 \cdot 10^6 \text{ J} \left( \frac{0,25}{100} \right)}{\frac{5}{3}(188 - 98)} = \boxed{200\text{g}}$$



## 9ª QUESTÃO

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.

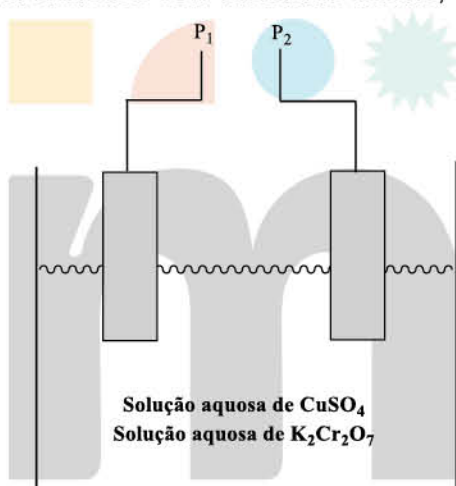


Com base nessas informações, faça o que se pede.

- 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 ânodo e como cátodo 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.

### Assunto: Eletroquímica

O esquema da eletrólise está mostrado abaixo,



- Todas as espécies iônicas dessa solução são:

Em concentrações apreciáveis,

- $Cu^{2+}_{(aq)}$  ou  $[Cu(H_2O)_6]^{2+}_{(aq)}$
- $K^+_{(aq)}$
- $SO_4^{2-}_{(aq)}$
- $Cr_2O_7^{2-}_{(aq)}$
- $H_3O^+_{(aq)}$

Em concentrações desprezíveis (desconsiderados para fins de eletrólise).

- $HSO_4^-_{(aq)}$
- $CrO_4^{2-}_{(aq)}$  ( $Cr_2O_7^{2-}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2CrO_4^{2-}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)}$ )
- $OH^-_{(aq)}$

b)

Cor da solução de  $CuSO_4$  = Azul.

Cor da solução de  $K_2Cr_2O_7$  = Laranja.

Cor da mistura das soluções = Marrom.

Como os íons coloridos têm cargas diferentes. Há apenas uma migração de  $Cr_2O_7^{2-}$  para o polo positivo (que no caso é  $P_2$ ) e migração do  $Cu^{2+}$  para o polo negativo (que no caso é  $P_1$ ).

c)

$Pt_1$  (polo negativo) é o cátodo.

$Pt_2$  (polo positivo) é o ânodo.

Pelo esquema da figura, vemos que a solução que está em contato direto com o eletrodo é a solução de ácido sulfúrico com, pelo menos inicialmente,  $[H^+] \gg [Cu^{2+}]$ . Logo, quem sofre a eletrólise é apenas o  $H_2SO_4$  e, com isso,

Cátodo:  $2H^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$

Ânodo:  $H_2O_{(l)} \rightarrow \frac{1}{2}O_{2(g)} + 2H^+ + 2e^-$

Global:  $H_2O_{(l)} \rightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$

d)

Cátodo é negativo (-)  $\Rightarrow Pt_1$

Ânodo é positivo (+)  $\Rightarrow Pt_2$

Fluxo de elétrons vai do polo  $Pt_1$  para o polo  $Pt_2$  e a corrente, por convenção, é ao contrário, do polo  $Pt_2$  ao polo  $Pt_1$ .

## 10ª QUESTÃO

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.

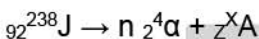
Com base nessas informações, determine

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

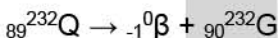
COLÉGIO  
**master** *Resolve*  
INSINA NO COLÉGIO. EDUCA NA VIDA.

**Assunto:** Atomística

Primeiro vamos considerar o decaimento alfa ( $\alpha$ )



A partir do decaimento beta ( $\beta$ ) identificamos G, considerando a segunda lei da radioatividade.



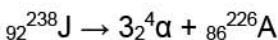
Calcular o número de nêutrons (n) do G:

$$n = 232 - 90 = 142$$

Considerando que E tem número atômico 84 e é isótono (142 nêutrons) de G, ele vai apresentar número de massa (a):

$$a = 84 + 142 = 226$$

Como A é isóbaro de E ele tem número de massa 226. Considerando a primeira lei da radioatividade, para o número de massa diminuir de 238 (J) para 226 (A) é necessário a emissão de 3 partículas  $\alpha$ :



Concluindo:

- A) X = 226
- B) Z = 86
- C) 3 partículas  $\alpha$