



1^a QUESTÃO

Um metal M forma o sal $MC\ell_2$. A eletrólise desse sal fundido, com uma corrente igual a 0,4 A durante 6,7 horas produziu 4,38 gramas do metal sólido.

Determine qual elemento da Tabela Periódica é o metal M.

Assunto: Eletroquímica (Eletrólise – Leis de Faraday)

Esta é uma questão clássica de eletrólise em que se deve utilizar as leis de Faraday da eletrólise que relacionam o tempo (t), a massa depositada (m), a corrente (i), o número de elétrons (n) e a massa molar do composto (M), conforme vista abaixo:

$$m = \frac{Mit}{nF} \quad \therefore M = \frac{mnF}{it}$$

Convertendo o tempo para segundos por análise dimensional, teremos:

$$6,7h = 6,7h \left(\frac{60min}{1h} \right) \left(\frac{60s}{1min} \right) = 24120\ s$$

Substituindo os valores na equação acima:

$$M = \frac{4,38g \times 96480\ Cmol^{-1} \times 2}{0,4\ Cs^{-1} \times 24120\ s} \quad \therefore M = 87,6\ gmol^{-1}$$

Portanto, observando a tabela periódica, podemos ver que esta massa molar corresponde ao elemento químico estrôncio (Sr). Obs: F é a constante de Faraday, cujo valor aproximado é de 96480 C/mol. Além disso, recorde que A (ampere) = C (coulomb) / (segundo).

2^a QUESTÃO

Uma molécula orgânica A, de fórmula molecular $C_5H_{11}Cl$, sofre desidro-halogenação formando B. Quando B sofre ozonólise, gera formaldeído. Quando B sofre reação de hidratação, produz o composto C, o qual não reage com $KMnO_4$ em meio ácido.

Determine:

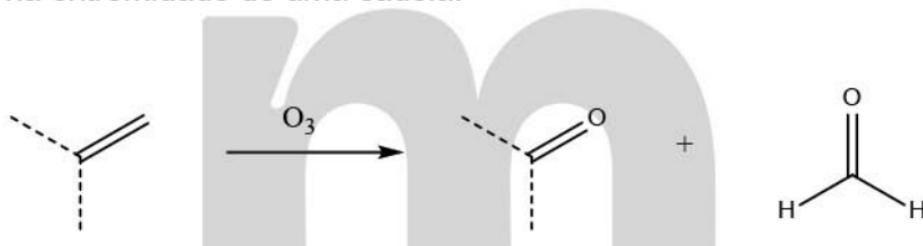
- a função orgânica presente no composto C;
- as estruturas moleculares de A, B e C.

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

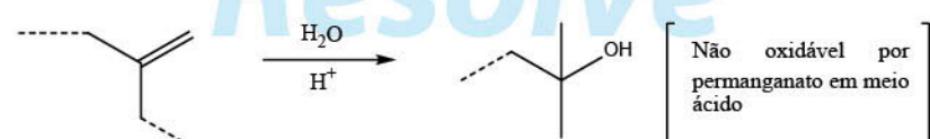
Assunto: Reações Orgânicas.

Vamos partir nossa solução do composto B que possui fórmula C_5H_{10} (visto que passou por desidroalogenação).

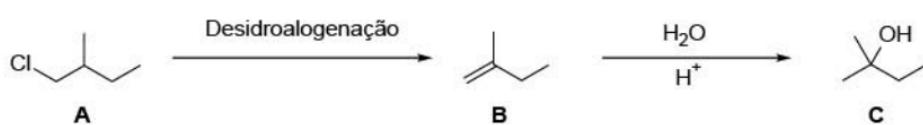
Como a ozonólise forma formaldeído, sabemos que a dupla está na extremidade de uma cadeia.



Além disso, como o produto B não pode ser oxidado após hidrólise, isso mostra que o produto C é um álcool terciário.



Com isso, a única possibilidade para os compostos A, B e C é,



3^a QUESTÃO

O acetato de linalila é um composto orgânico que contém átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio na razão 6:10:1, respectivamente.

Sabe-se que cada molécula de acetato de linalila:

- contém dois átomos de oxigênio;
- possui cadeia principal com oito átomos de carbono;
- representa um dieno não conjugado nas posições 1 e 6;
- tem duas metilas em uma mesma extremidade de cadeia;
- tem uma metila e o grupo acetato ligados ao carbono alílico, não terminal, de menor impedimento espacial.

Diante dessas informações, apresente:

- a fórmula estrutural plana do acetato de linalila;
- o polímero possivelmente formado considerando somente a reação de poliadição na dupla ligação mais substituída.

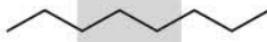
COLEGIO
master *Resolve*
INSSINA NO COLEGIO. EDUCA NA VIDA.

Assunto: Cálculo de Fórmulas + Orgânica.

a)

Como a fórmula empírica é $C_6H_{10}O$ e a molécula possui dois oxigênios então a fórmula real deve ser $C_{12}H_{20}O_2$. Agora vamos para os itens,

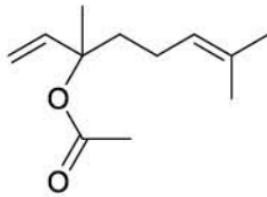
I. O composto tem 8 carbonos na cadeia principal.



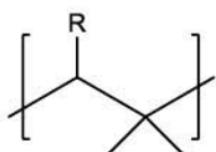
II. O composto é dieno nos carbonos 1,6 e duas metilas na ponta.



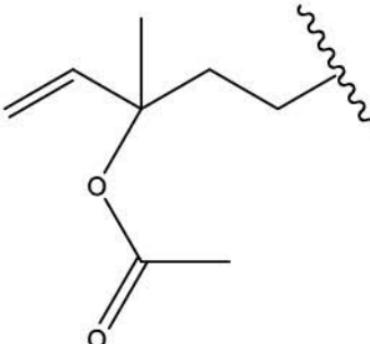
III. O composto apresenta um metil e um acetato no carbono alílico não terminal e menos impedido estericamente.



b) O polímero de adição formado é:



$R =$





4^a QUESTÃO

Águas de rejeito de um processo industrial de pH neutro necessitam ser purificadas de um contaminante, um metal pesado, cujo sal vem dissolvido nestas águas. Sabe-se que o contaminante em questão precipita somente quando $\text{pH} \leq 4$, podendo ser depois retirado por sucção. Para tanto, diariamente, os efluentes são armazenados em piscinas de decantação de 200.000 L cada, sendo tratados com ácido acético, de constante de dissociação $2,0 \times 10^{-5}$, para diminuir o pH e obter a precipitação.

Determine a massa de ácido acético mínima necessária para tratar cada piscina.

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

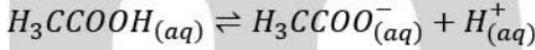
Assunto: Equilíbrio Químico

i) Determinar a concentração de H^+ na condição limite de pH:

$$\text{pH} = -\log([H^+]) = 4 \therefore [H^+] = 10^{-4} \text{M}$$

Essa é a concentração de íons H^+ no equilíbrio

ii) Determinar a concentração de ácido acético:



Início	C_a	0	0
Δ	$-x$	$+x$	$+x$
Final	$C_a - x$	x	x

Sendo $K_a = 2 \cdot 10^{-5}$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{CCOO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{CCOOH}]} = 2 \cdot 10^{-5}$$

$$2 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{C_a - x}, \text{ Sendo } x = 10^{-4} \therefore 2 \cdot 10^{-5} = \frac{(10^{-4})^2}{C_a - 10^{-4}}$$

$$C_a = 6 \cdot 10^{-4} \text{M} = [\text{H}_3\text{CCOOH}]$$

iii) Determinar a massa de ácido:

$$n_{\text{ácido}} = [\text{H}_3\text{CCOOH}] \cdot V$$

$$n_{\text{ácido}} = 6 \cdot 10^{-4} \cdot 200000 = 120 \text{ mol}$$

$$m_{\text{ácido}} = n_{\text{ácido}} \cdot MM_{\text{ácido}}$$

Sendo a massa molar de ácido acético 60 g/mol:

$$m_{\text{ácido}} = 120 \cdot 60$$

$$m_{\text{ácido}} = 7,2 \text{ kg}$$



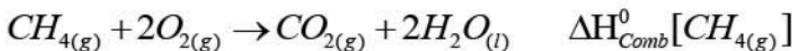
5^a QUESTÃO

Na queima de uma massa m_1 de metano a pressão constante, ocorreu combustão completa com formação de água líquida e foram liberados 324 kJ de energia. Em outra queima, nas mesmas condições, uma massa m_2 de oxigênio foi consumida e a energia liberada foi de 81 kJ.

Determine a razão entre m_1 e m_2 .

Assunto: Termoquímica

Tem-se a seguinte reação de combustão do metano(CH₄):



No experimento I, em que CH₄ é limitante, tem-se:

$$\Delta H_I = n_{CH_4} \cdot \Delta H_{comb}^0 [CH_{4(g)}] = \left(\frac{m_1}{16} \right) \cdot \Delta H_{comb}^0 [CH_{4(g)}] = -324 \text{ kJ}$$

No experimento II, em que O₂ é limitante, tem-se:

$$\Delta H_{II} = \frac{n_{O_2}}{2} \cdot \Delta H_{comb}^0 [CH_{4(g)}] = \left(\frac{\frac{m_2}{32}}{2} \right) \cdot \Delta H_{comb}^0 [CH_{4(g)}] =$$
$$= \left(\frac{m_2}{64} \right) \cdot \Delta H_{comb}^0 [CH_{4(g)}] = -81 \text{ kJ}$$

Dividindo-se ΔH_I por ΔH_{II} , tem-se:

$$\frac{\Delta H_I}{\Delta H_{II}} = \left(\frac{-324}{-81} \right) = 4 = \frac{64m_1}{16m_2} \Rightarrow \boxed{\frac{m_1}{m_2} = 1}$$

6^a QUESTÃO

Para a neutralização de 0,18 g de um ácido carboxílico, são gastos 30 mL de uma solução 0,1 M de NaOH. A densidade do vapor deste ácido é trinta vezes a do hidrogênio, nas mesmas condições. Considerando a dissociação completa desse ácido, forneça seu nome e sua estrutura molecular.

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

Assunto: Estequiometria

i) $d_{\text{ácido}} = 30 \cdot d_{H_2}$

De acordo com o princípio de Avogadro:

$$\frac{d_{\text{ácido}}}{d_{H_2}} = \frac{MM_{\text{ácido}}}{MM_{H_2}}$$

$$\frac{d_{\text{ácido}}}{d_{H_2}} = 30 = \frac{MM_{\text{ácido}}}{MM_{H_2}} \therefore \frac{MM_{\text{ácido}}}{2} = 30$$

$$MM_{\text{ácido}} = 60 \text{ g mol}^{-1}$$

ii) Número de mols de NaOH:

$$n_{NaOH} = [NaOH] \cdot V$$

$$n_{NaOH} = 0,1 \cdot 0,03 = 0,003 \text{ mol}$$

No ponto de equivalência:

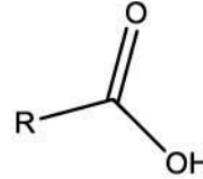
$$n_{\text{ácido}} = n_{NaOH} = 0,003 \text{ mol}$$

Massa molar do ácido:

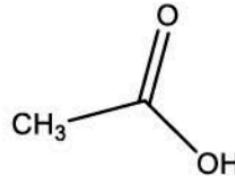
$$MM_{\text{ácido}} = \frac{0,18}{0,003} = 60 \text{ g mol}^{-1} \text{ (confirma a massa encontrada anteriormente)}$$

iii) Determinação do ácido:

Forma geral de um ácido carboxílico:



Substituindo R pelo grupo mais simples possível (-CH₃), obteremos:



Massa molar do composto:

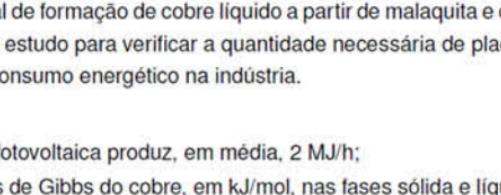
$$MM_{\text{ácido}} = 60 \text{ g mol}^{-1}$$

Logo, conclui-se que o ácido em questão é o Ácido Etanoico.



7^a QUESTÃO

O mineral malaquita $[Cu_2CO_3(OH)_2]$, de ocorrência natural, pode ser utilizado para a obtenção de cobre líquido a partir das 3 (três) etapas abaixo:



Como a reação global de formação de cobre líquido a partir de malaquita e carbono sólido é endotérmica, realizou-se um estudo para verificar a quantidade necessária de placas solares fotovoltaicas, para atender o seu consumo energético na indústria.

Considere que:

- i) cada placa solar fotovoltaica produz, em média, 2 MJ/h;
- ii) as energias livres de Gibbs do cobre, em kJ/mol, nas fases sólida e líquida podem ser descritas respectivamente pelas expressões em função da temperatura T (em K) abaixo, na faixa de 298 a 1358 K:

$$G_S = -7770,5 + 130,0T - 24,1T\ln T - 2,7 \times 10^2 + 1,3 \times 10^{-7}T^3 + \frac{52478,0}{T}$$

$$G_L = 5194,3 + 120,0T - 24,1T\ln T - 2,7 \times 10^2 + 1,3 \times 10^{-7}T^3 + \frac{52478,0}{T}$$

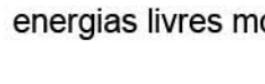
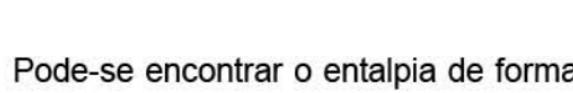
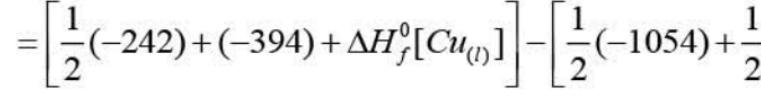
- iii) as entalpias de formação (ΔH_f°) e as entropias molares (S°) dos compostos químicos são constantes na faixa de 298 a 1358 K.

Calcule, nesse contexto, o número mínimo de placas solares fotovoltaicas utilizadas em 1 (uma) hora para a geração de 213,36 kg de cobre líquido a partir de malaquita e carbono sólido.

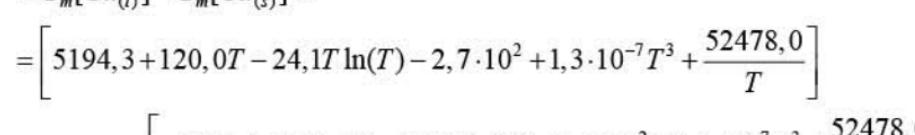
master Resolve

Assunto: Termoquímica

Tem-se as seguintes reações:



Tomando a reação resultante como: (IV) = 0,5(I)+0,5(II)+III



Para o cálculo da entalpia da reação IV, tem-se:

$$\Delta H_{R,IV}^\circ = \sum n \cdot \Delta H_f^\circ(\text{Produtos}) - \sum n \cdot \Delta H_f^\circ(\text{Reagentes}) =$$
$$= \left\{ \frac{1}{2} \Delta H_f^\circ[H_2O_{(g)}] + \Delta H_f^\circ[CO_{2(g)}] + \Delta H_f^\circ[Cu_{(l)}] \right\}$$

$$= \left\{ \frac{1}{2} \Delta H_f^\circ[Cu_2CO_3(OH)_{2(s)}] + \frac{1}{2} \Delta H_f^\circ[C_{(s, \text{graf})}] \right\} =$$

$$= \left[\frac{1}{2}(-242) + (-394) + \Delta H_f^\circ[Cu_{(l)}] \right] - \left[\frac{1}{2}(-1054) + \frac{1}{2}(0) \right]$$

Pode-se encontrar o entalpia de formação do $Cu_{(l)}$, a partir das energias livres molares:

$$\Delta G_R^\circ = \sum n \cdot G_m^\circ(\text{Produtos}) - \sum n \cdot G_m^\circ(\text{Reagentes}) =$$
$$= G_m^\circ[Cu_{(l)}] - G_m^\circ[Cu_{(s)}] =$$
$$= \left[5194,3 + 120,0T - 24,1T\ln(T) - 2,7 \cdot 10^2 + 1,3 \cdot 10^{-7}T^3 + \frac{52478,0}{T} \right]$$
$$- \left[-7770,5 + 130,0T - 24,1T\ln(T) - 2,7 \cdot 10^2 + 1,3 \cdot 10^{-7}T^3 + \frac{52478,0}{T} \right]$$

$$\Delta G_R^\circ = \underbrace{12964,8}_{\Delta H_R^\circ} - \underbrace{(10) \cdot T}_{\Delta S_R^\circ}$$

Há uma inconsistência de unidades: o enunciado da questão indica que a fórmula do G°_m é em $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, porém as ordens de grandezas obtidas para $\Delta H^\circ_{\text{fusão}}$ e $\Delta S^\circ_{\text{fusão}}$ do cobre, bem como o valor de entropia de fusão do cobre fornecido na folha de dados, indicam que o enunciado correto deveria ser para G°_m em $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Solução 1: Dessa forma, seguindo o comando do enunciado atual para G°_m em $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, tem-se:

$$\Delta H_{Fus}^\circ = \Delta H_f^\circ[Cu_{(l)}] - \underbrace{\Delta H_f^\circ[Cu_{(s)}]}_0 = \Delta H_f^\circ[Cu_{(l)}] = 12964,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Substituindo no $\Delta H_{R,IV}^\circ$ tem-se:

$$\Delta H_{R,IV}^\circ = 12976,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Deseja-se produzir:

$$n_{Cu} = \frac{213,36 \cdot 10^3}{63,546} \text{ mol}$$

Dessa forma, para produção em 1h:

$$N_{Placas} \cdot 2 \cdot 10^3 = \left(\frac{213,36 \cdot 10^3}{63,546} \right) \cdot 12976,8$$

$$N_{Placas} = 21785,2 \text{ placas}$$

Logo, no mínimo 21786 placas.

Solução 2: Considerando o evidente erro do enunciado e utilizando G°_m em $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$, tem-se:

$$\Delta H_{Fus}^\circ = \Delta H_f^\circ[Cu_{(l)}] - \underbrace{\Delta H_f^\circ[Cu_{(s)}]}_0 = \Delta H_f^\circ[Cu_{(l)}] = 12964,8 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Substituindo no $\Delta H_{R,IV}^\circ$ tem-se:

$$\Delta H_{R,IV}^\circ = 25,0 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Deseja-se produzir:

$$n_{Cu} = \frac{213,36 \cdot 10^3}{63,546} \text{ mol}$$

Dessa forma, para produção em 1h:

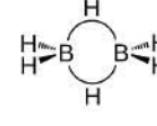
$$N_{Placas} \cdot 2 \cdot 10^3 = \left(\frac{213,36 \cdot 10^3}{63,546} \right) \cdot 25$$

$$N_{Placas} = 41,97 \text{ placas}$$

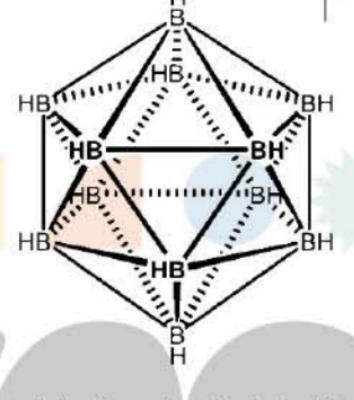
Logo, no mínimo 42 placas.

8^a QUESTÃO

O composto B_2H_6 possui apenas 12 elétrons de valência compartilhados entre 8 centros atômicos. Sua estrutura molecular é representada por



em que as ligações B-H-B são diferentes das ligações covalentes típicas. Elas se estabelecem a partir de três centros atômicos que compartilham dois elétrons. Comportamento semelhante é observado no ânion dodecaborato ($B_{12}H_{12}$)²⁻, o qual possui um arranjo icosaédrico, conforme ilustrado abaixo.

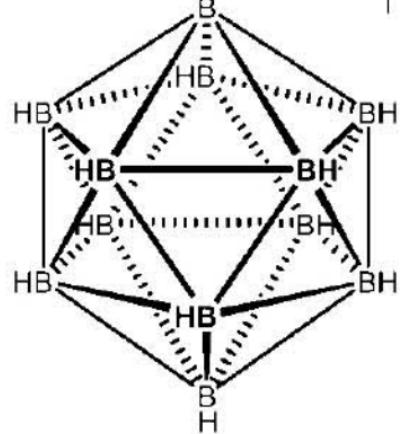


Determine a deficiência percentual de elétrons de valência do ânion dodecaborato em relação ao esperado, caso houvesse somente ligações covalentes típicas com 2 centros atômicos que compartilham 2 elétrons.

COLEGIO
master *Resolve*

Assunto: Química Inorgânica

Tem-se a estrutura:



Sendo a estrutura icosaédrica, ela apresenta 12 vértices e 20 faces. Dessa forma, o número de “ligações” B-B será igual ao número de arestas da figura.

Pela relação de Euler: $V + F = A + 2$, tem-se:

$$12 + 20 = A + 2$$

$$A = \text{Aresta} = 30$$

Portanto, tem-se 30 ligações B-B e 12 ligações B-H. Se cada ligação covalente fosse uma ligação convencional (2c-2e), necessitariam de:

$$(30 + 12) \cdot 2 = 84 \text{ elétrons de valência}$$

Porém a estrutura apresenta apenas:

$$12 \cdot \underset{\substack{\text{Elétrons de} \\ \text{valência do B}}}{\underset{\downarrow}{3}} + 12 \cdot \underset{\substack{\text{Elétrons de} \\ \text{valência do H}}}{\underset{\downarrow}{1}} + 2 = 50 \text{ elétrons de valência}$$

Dessa forma, há apenas:

$$\frac{50}{84} = 59,5\% \text{ dos elétrons necessários}$$

E, portanto, 40,5% de deficiência de elétrons.

9^a QUESTÃO

Nas últimas décadas, tem sido observado um aumento substancial da concentração de dióxido de carbono na atmosfera terrestre. Pesquisas recentes estimam que, sem a adoção de medidas mitigadoras da emissão de poluentes, essa concentração de CO_2 deve atingir cerca de 545 ppm, base molar, no ano de 2050.

- Calcule a concentração molar de CO_2 dissolvido em água pura a 25 °C, assumindo equilíbrio com a atmosfera nas condições estimadas para o ano de 2050.
- Com base na concentração obtida no item anterior, calcule o valor do pH da solução resultante.
- Considere uma solução em equilíbrio com o CO_2 atmosférico. Se a temperatura for aumentada e a concentração de CO_2 dissolvido for mantida constante, o pH da solução aumentará ou diminuirá? Justifique.

Assunto: Equilíbrio Iônico

- a) Cálculo da pressão de CO_2 na atmosfera.

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{545 \text{ mol}}{10^6 \text{ mol}} \cdot 1 \text{ atm} = 5,45 \cdot 10^{-4} \text{ atm}$$

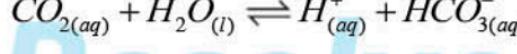
A concentração do CO_2 em água é dada pela lei de Henry.

$$[\text{CO}_2]_{(aq)} = K_h \cdot P_{\text{CO}_2}$$

Substituindo os valores, temos:

$$[\text{CO}_2]_{(aq)} = 3,3 \cdot 10^{-2} \cdot 5,45 \cdot 10^{-4} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

- b) Tem-se a seguinte equação para a ionização do CO_2 :



Logo:

$$\begin{aligned} \Delta G_R^0 &= \sum n \cdot \Delta G_f^0(\text{Produtos}) - \sum n \cdot \Delta G_f^0(\text{Reagentes}) = -RT \ln(K_{eq}) \\ \{\Delta G_f^0[\text{HCO}_{3(aq)}^-] + \Delta G_f^0[\text{H}_{(aq)}^+]\} - \{\Delta G_f^0[\text{H}_2\text{O}_{(l)}] + \Delta G_f^0[\text{CO}_{2(aq)}]\} &= -RT \ln(K_{eq}) \\ [(-586,8) + (0)] - [(-386) + (-237,1)] &= -(8,3 \cdot 10^{-3}) \cdot 298 \cdot \frac{1}{0,434} \log(K_{eq}) \end{aligned}$$

$$\log(K_{eq}) = -6,4 \therefore K_{eq} = 10^{-6,4}$$

Dessa forma, uma vez que H^+ e HCO_3^- provém da mesma fonte:

$$\begin{aligned} K_{eq} &= \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = 10^{-6,4} = 10^{0,6} \cdot 10^{-7} = (10^{0,3})^2 \cdot 10^{-7} = \\ &= 4 \cdot 10^{-7} = \frac{[\text{H}^+]^2}{1,8 \cdot 10^{-5}} \Rightarrow [\text{H}^+]^2 = 4 \cdot 10^{-7} \cdot 18 \cdot 10^{-6} = 8 \cdot 9 \cdot 10^{-13} \end{aligned}$$

$$2 \log[\text{H}^+] = 3 \log(2) + 2 \log(3) + (-13) \log(10)$$

$$pH = -\log[\text{H}^+] = \boxed{5,57}$$

- c) Para a equação de ionização do CO_2 , tem-se:

$$\begin{aligned} \Delta H_R^0 &= \sum n \cdot \Delta H_f^0(\text{Produtos}) - \sum n \cdot \Delta H_f^0(\text{Reagentes}) = \\ &= \{\Delta H_f^0[\text{HCO}_{3(aq)}^-] + \Delta H_f^0[\text{H}_{(aq)}^+]\} - \{\Delta H_f^0[\text{H}_2\text{O}_{(l)}] + \Delta H_f^0[\text{CO}_{2(aq)}]\} = \\ &= [(-692,0) + (0)] - [(-285,8) + (-413,8)] = 7,6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \end{aligned}$$

Sendo ΔH^0_R positivo (reação endotérmica), o aumento da temperatura desloca o equilíbrio no sentido dos produtos, produzindo H^+ e, portanto, aumentando sua concentração e diminuindo o pH da solução.

10^a QUESTÃO

Em um experimento específico, conduzido em atmosfera ambiente, pesquisadores analisaram o decaimento de uma parte de uma série radioativa, como representado abaixo.



Considere as condições experimentais nas CNTP e que o tempo de meia-vida do nuclídeo Z é de aproximadamente 4 segundos.

Diante do exposto:

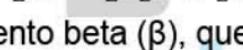
- escreva a equação estequiométrica da série radioativa, incluindo as partículas emitidas para cada desintegração, de forma a estabelecer o correto balanço das cargas elétricas e dos números de massas nucleares;
- demonstre a família radioativa a que os isótopos da série pertencem;
- para o nuclídeo Z, calcule a vida-média e a constante de decaimento do isótopo, apresentando as unidades no SI.

Assunto: Radioatividade (Química Nuclear)

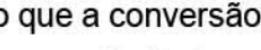
Conforme o enunciado da questão:



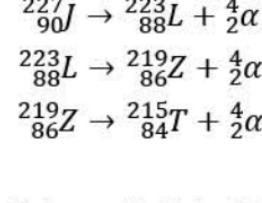
(A) Como sabemos, o decaimento alfa (α) corresponde a uma diminuição no número atômico em duas unidades e no número de massa em quatro unidades, pois a partícula α corresponde ao núcleo do átomo de hélio (He^{2+}). Portanto, genericamente:



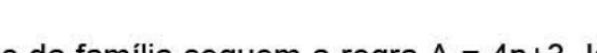
Em relação ao decaimento beta (β), que corresponde ao elétron (${}_{-1}^0e$), teremos um aumento em uma unidade no número atômico e nenhuma unidade no número de massa. Então, genericamente:



Assim sendo, fica claro que a conversão de X em J corresponde a um decaimento β , enquanto todos os demais decaimentos indicam decaimento α , conforme explicitado nas equações balanceadas abaixo.

**(B)** Família/série do actínio ou Urânio-235.

Logo, os elementos químicos X, J, L, Z e T correspondem, respectivamente, aos seguintes elementos: Ac, Th, Ra, Rn e Po. Logo:



Como todos da família seguem a regra $A = 4n+3$. Isso significa que todos pertencem a essa família.

(C) De acordo com a questão, o tempo de meia-vida do elemento Z é 4s. Como os decaimentos radioativos seguem uma cinética de primeira ordem, então:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{k} \therefore k = \frac{0,693}{t_{1/2}} \therefore k = \frac{0,693}{4s} \approx 0,1733s^{-1}$$

Conforme sabido, a vida média é dada pela equação abaixo, de modo que:

$$\tau = \frac{1}{k} \therefore \tau = \frac{1}{0,1733s^{-1}} \approx 5,77s$$