

QUÍMICA

Química – Questão 01

Calcule a concentração de uma solução aquosa de ácido acético cujo pH é 3,00, sabendo que a constante de dissociação do ácido é $1,75 \times 10^{-5}$.

RESOLUÇÃO:

$$\text{pH} = 3 \rightarrow [\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Se na condição de equilíbrio $[\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, então durante a reação houve a formação de 10^{-3} mol de íons H^+ para cada litro de solução. Seguindo a estequiometria do processo de ionização do ácido etanóico (ácido acético), 10^{-3} mol de CH_3COOH geram 10^{-3} mol de íons CH_3COO^- e 10^{-3} mol de íons H^+ . Assim, no estado de equilíbrio, haverá $10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ de íons CH_3COO^- e $(x - 10^{-3}) \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ de moléculas CH_3COOH uma vez que a concentração inicial de CH_3COOH é desconhecida.

	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$	\rightleftharpoons	$\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$	+	$\text{H}^+_{(\text{aq})}$
INÍCIO	$x \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$		–		–
REAÇÃO	$10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$		$10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$		$10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
EQUILIBRIO	$(x - 10^{-3}) \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$		$10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$		$10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$\text{Portanto, } K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = 1,75 \times 10^{-5}$$

$$\frac{(10^{-3}) \cdot (10^{-3})}{(x - 10^{-3})} = 1,75 \times 10^{-5} \Rightarrow x = \frac{10^{-6}}{1,75 \times 10^{-5}} + 10^{-3} = 5,8 \times 10^{-2}$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = (5,8 \times 10^{-2} - 10^{-3}) \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = 5,7 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Concluindo, a concentração de equilíbrio de ácido acético na solução aquosa é de $5,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

OBS.: Como $K_i = M \cdot \alpha^2 = 1,75 \cdot 10^{-5}$, e $[\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} = M \cdot \alpha$, então, $\alpha = 1,75 \times 10^{-2} = 1,75\%$.

Como a ionização ocorre em escala muito pequena (1,75%), podem ser feitas as aproximações usuais, ou seja:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{[\text{H}^+]}{\alpha} = \frac{10^{-3}}{1,75 \times 10^{-2}} = 5,7 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Química – Questão 02

Na produção de uma solução de cloreto de sódio em água a 0,90% (p/p), as quantidades de solvente e soluto são pesadas separadamente e, posteriormente, promove-se a solubilização. Certo dia, suspeitou-se que a balança de soluto estivesse descalibrada. Por este motivo, a temperatura de ebulição de uma amostra de solução foi medida, obtendo-se 100,14 °C. Considerando o sal totalmente dissociado, **DETERMINE** a massa de soluto a ser acrescentada de modo a produzir um lote de 1 000 kg com a concentração correta.

RESOLUÇÃO:

Através da propriedade coligativa conhecida como ebuliometria ou ebulioscopia, determinamos a concentração molal da referida solução:

$\Delta T_{\text{eb}} = K_{\text{eb}} \cdot W \cdot i \Rightarrow 100,14 - 100,00 = 0,52 \cdot W \cdot 2 \Rightarrow W = 0,1346$ molal, isto é, 0,1346 mol de NaCl/1 000 g de H₂O.

Deseja-se obter uma solução de NaCl em H₂O 0,90%(p/p) o que traduz 9 g do referido sal em 1 000 g de solução, isto é, em 991 g de H₂O.

Em relação a primeira solução citada (0,1346 mol de NaCl/1 000 g de H₂O), traduzindo-se em massa, teríamos 7,8741 g do sal para cada 1 000 g de H₂O, fazendo-se a proporção para 991 g de H₂O encontraríamos o valor de 7,803 g do sal. Como necessitamos de 9 g do sal para a referida quantidade de H₂O, teríamos que acrescentar 1,197 g de NaCl à 998,803 g da primeira solução.

Como a questão refere-se a 1 000 kg de solução, todas as quantidades devem ser adotadas na unidade kg, isto é, acrescentar 1,197 kg de NaCl a 998,803 kg da primeira solução.

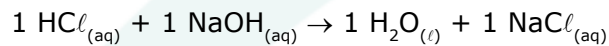
Química – Questão 03

Um calcário composto por MgCO_3 e CaCO_3 foi aquecido para produzir MgO e CaO . Uma amostra de 2,00 gramas desta mistura de óxidos foi tratada com 100 cm^3 de ácido clorídrico 1,00 molar.

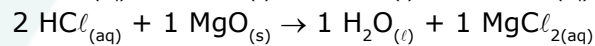
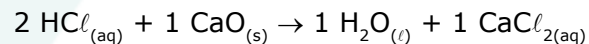
Sabendo-se que o excesso de ácido clorídrico necessitou de $20,0 \text{ cm}^3$ de solução de NaOH 1,00 molar para ser neutralizado, **DETERMINE** a composição percentual, em massa, de MgCO_3 e CaCO_3 na amostra original desse calcário.

RESOLUÇÃO:

A reação entre ácido clorídrico e hidróxido de sódio é a seguinte:



Como 1 mol de ácido consome 1 mol de base, 20×10^{-3} mol de NaOH ($20,0 \text{ cm}^3$ de solução de NaOH $1,00 \text{ mol.L}^{-1}$) reagem com 20×10^{-3} mol de HCl , ou seja, houve reação de 8×10^{-2} mol do ácido com os óxidos de acordo com as seguintes equações:



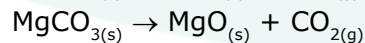
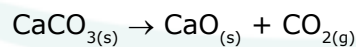
Assim, sabe-se que 8×10^{-2} mol de HCl corresponderão à soma de $2x$ mol de CaO e $2y$ mol de MgO . Uma vez que 2 g da mistura dos óxidos correspondem a ($56,1 \text{ g.mol}^{-1} \cdot x$ mol de CaO) + ($40,3 \text{ g.mol}^{-1} \cdot y$ mol de MgO) então:

$$x = 4 \times 10^{-2} - y$$

$$56,1 \cdot (4 \times 10^{-2} - y) + 40,3y = 2$$

Portanto, $y = 0,01544$ mol (MgO) e $x = 0,02456$ mol (CaO).

Considerando a decomposição dos carbonatos, para cada 1 mol de carbonato será gerado 1 mol do respectivo óxido de acordo com as seguintes equações:



Assim, na mistura inicial há $0,01544$ mol de MgCO_3 (1,3016 g) e $0,02456$ mol CaCO_3 (2,4585 g), ou seja, 34,62% de MgCO_3 e 65,38% de CaCO_3 .

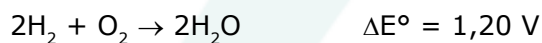
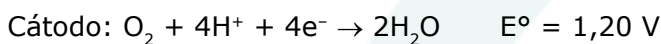
Química – Questão 04

Uma pilha de combustível utiliza uma solução de KOH e dois eletrodos porosos de carbono, por onde são admitidos, respectivamente, hidrogênio e oxigênio. Este processo resulta numa reação global de combustão que gera eletricidade. Considerando que a pilha opera nas condições padrão:

- A) **CALCULE** a entropia padrão de formação da água líquida.
B) **JUSTIFIQUE** por que a reação da pilha é espontânea.
C) **AVALIE** a variação de entropia nas vizinhanças do sistema.

RESOLUÇÃO:

A) A pilha descrita é a pilha alcalina, sendo que as reações ocorridas são:



Neste processo são transferidos 4 mols de elétrons e formados 2 mols de água, logo, para cada mol de água, temos:

$$\Delta H^\circ = -285,9 \times 10^3 \text{ J}$$

$$F = 2 \cdot 9,65 \times 10^4 \text{ C}$$

$$T = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ K (condições padrão)}$$

Assim, da equação da variação de energia livre de Gibbs:

$$\Delta S^\circ = \frac{\Delta H^\circ - \Delta G^\circ}{T} = \frac{\Delta H^\circ + FE^\circ}{T} = \frac{-285,9 \times 10^3 + 2 \cdot 9,65 \times 10^4 \cdot 1,2}{298} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta S^\circ = -182,2 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$$

B) A espontaneidade de uma reação é determinada pela variação da energia livre de Gibbs:

$$\Delta G < 0 \Rightarrow \text{reação espontânea}$$

$$\Delta G > 0 \Rightarrow \text{reação não espontânea}$$

portanto, neste caso, temos uma reação espontânea, pois

$$\Delta G^\circ = -2 \cdot 9,65 \times 10^4 \cdot 1,2 \text{ J} = -231,6 \text{ kJ} < 0$$

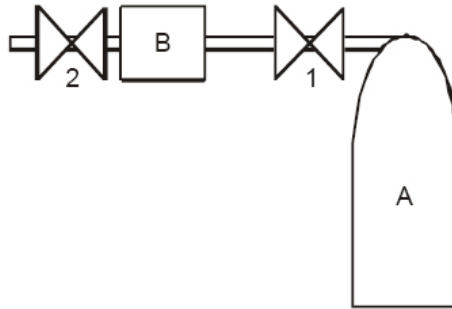
$$\text{C) } \Delta S_{\text{universo}} = \Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S_{\text{vizinhança}}$$

A variação de entropia do universo é sempre positiva ou nula para reações espontâneas. Além disso, como o processo em questão é irreversível, então o processo provoca uma variação de entropia do universo não nula.

Isto, adicionado ao fato de a variação de entropia do sistema ser negativa ($\Delta H < 0$), leva-nos à conclusão de que a variação de entropia na vizinhança é positiva e $|\Delta S_{\text{vizinhança}}| > |\Delta S_{\text{sistema}}|$.

Química – Questão 05

Na figura abaixo, o cilindro A de volume V_A contém um gás inicialmente a pressão P_0 e encontra-se conectado, através de uma tubulação dotada de uma válvula (1), a um vaso menor B de volume V_B , repleto do mesmo gás a uma pressão p tal que $P_0 > p > P_{atm}$ onde P_{atm} é a pressão atmosférica local. Abre-se a válvula 1 até que a pressão fique equalizada nos dois vasos, após o que, fecha-se esta válvula e abre-se a válvula 2 até que a pressão do vaso menor B retorne ao seu valor inicial p , completando um ciclo de operação. Sabendo-se que o sistema é mantido a uma temperatura constante T , pede-se uma expressão para a pressão do vaso A após N ciclos.



RESOLUÇÃO:

Sejam:

P_{Ai} a pressão no cilindro A após o ciclo i

n_i é o número total de mols em A + B depois do ciclo i

n_{Ai} é o número de mols do cilindro A depois do ciclo i

Ciclo 1:

$$n_1 = \frac{p \cdot V_B}{RT} + \frac{P_0 V_A}{RT}; n_{A1} = n_1 \cdot \frac{V_A}{V_A + V_B}$$

$$P_{A1} = \frac{n_{A1} RT}{V_A} = \frac{pV_B + P_0 V_A}{V_A + V_B} = p + \frac{(P_0 - p)V_A}{V_A + V_B}$$

Ciclo 2:

$$n_2 = \frac{p \cdot V_B}{RT} + \frac{P_{A1} V_A}{RT}; n_{A2} = n_2 \cdot \frac{V_A}{V_A + V_B}$$

$$P_{A2} = \frac{n_{A2} RT}{V_A} = \frac{pV_B + \left(p + \frac{(P_0 - p)V_A}{V_A + V_B} \right) V_A}{V_A + V_B}$$

$$P_{A2} = p + \frac{(P_0 - p)V_A^2}{(V_A + V_B)^2}$$

Ciclo 3:

$$n_3 = \frac{p \cdot V_B}{RT} + \frac{P_{A2} V_A}{RT}; n_{A3} = n_3 \cdot \frac{V_A}{V_A + V_B}$$

$$P_{A3} = \frac{n_{A3} RT}{V_A} = \frac{pV_B + \left(p + \frac{(P_0 - p)V_A^2}{(V_A + V_B)^2} \right) V_A}{V_A + V_B} \Rightarrow P_{A3} = p + \frac{(P_0 - p)V_A^3}{(V_A + V_B)^3}$$

Ciclo N:

$$P_{AN} = p + \frac{(P_0 - p)V_A^N}{(V_A + V_B)^N}$$

Química – Questão 06

Inicia-se um determinado experimento colocando-se uma massa m_x (g) de um radionuclídeo X de meia vida $\tau_{1/2}$ (s) dentro de um balão de volume V_b (m^3), que se encontra à pressão atmosférica, como mostrado na Figura 1. Este experimento é conduzido isotermicamente à temperatura T_b (K).

O elemento X é um alfa emissor e gera Y, sendo este estável, de acordo com a seguinte equação:



Considerando que apenas uma percentagem p do hélio formado difunde-se para fora da mistura dos sólidos X e Y, **DETERMINE** a altura h (em metros) da coluna de mercúrio apresentada na Figura 2, depois de decorrido um tempo t (em segundos) do início do experimento.

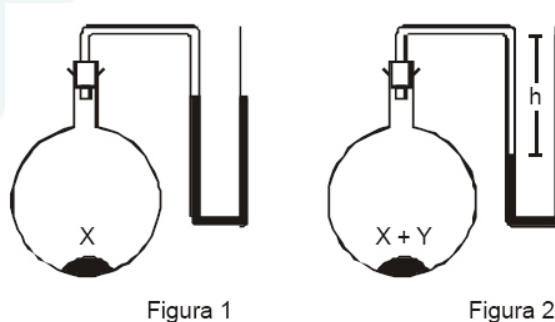
Utilize a seguinte notação:

massa molecular de X = M_x (g)

densidade do mercúrio = ρ (kg/m^3)

aceleração da gravidade = g (m/s^2)

constante dos gases perfeitos = R ($Pa \cdot m^3/mol \cdot K$)



RESOLUÇÃO:

A expressão do decaimento radioativo é: $n = n_0 \cdot e^{-Ct}$, onde:

n_0 → número inicial de mols

n → número de mols após tempo "t"

C → constante radioativa

t → tempo decorrido

Aplicando a expressão acima para o radionuclídeo X, temos:

$$n_x = n_{0x} \cdot e^{-Ct}, \text{ onde } C = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} \cong \frac{0,7}{\tau_{1/2}}$$

O número inicial de mols de X (n_x) é:

$$n_x = \frac{m_x}{M_x} = \frac{\text{massa de X}}{\text{massa molecular de X}}$$

$$\text{Daí temos: } n_x = \frac{m_x}{M_x} \cdot e^{-\left(\frac{0,7}{\tau_{1/2}}\right)t}$$

Do cálculo estequiométrico temos que o número de mols de X que decaem é igual ao número de mols de hélio que é formado, logo

$$n_x + n_{\text{He}} = n_{0x}$$

$$n_{\text{He}} = \frac{m_x}{M_x} \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{0,7}{\tau_{1/2}}\right)t}\right)$$

Considerando que uma porcentagem "p" de Hélio formado difunde-se para fora da mistura de X e Y, então o número de mols de gás hélio no balão é:

$$n'_{\text{He}} = p \cdot \frac{m_x}{M_x} \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{0,7}{\tau_{1/2}}\right)t}\right)$$

A pressão que este gás realiza é a responsável pelo desnível "h" da coluna de mercúrio. Assim: Pressão da coluna de mercúrio = $P_{\text{Hg}} = \rho \cdot g \cdot h$

Pressão do gás hélio difundido: $p_{\text{He}} = \frac{n'_{\text{He}} \cdot R \cdot T_b}{V_b}$, assim:

$$\rho \cdot g \cdot h = \frac{p \cdot \frac{m_x}{M_x} \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{0,7}{\tau_{1/2}}\right)t}\right) \cdot R \cdot T_b}{V_b}$$

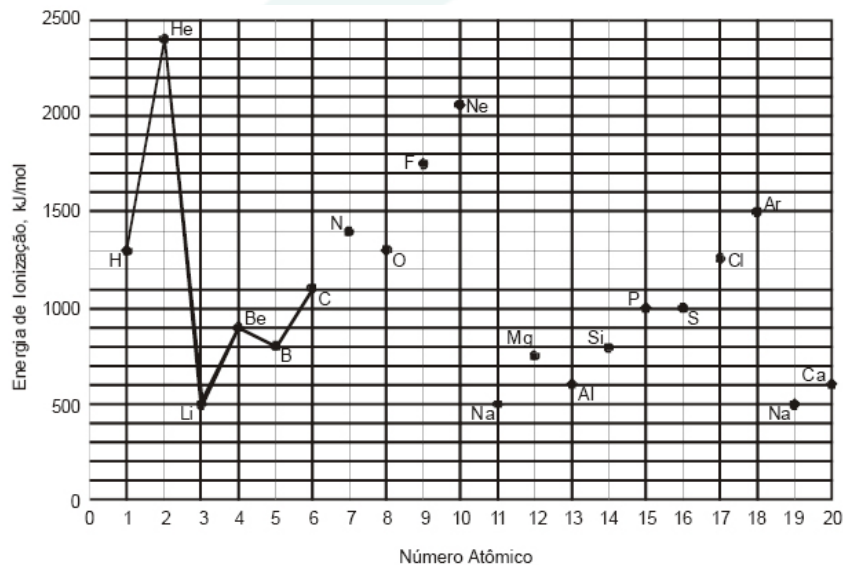
$$h = \frac{p \cdot m_x \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{0,7}{\tau_{1/2}}\right)t}\right) \cdot R \cdot T_b}{\rho \cdot g \cdot V_b \cdot M_x}$$

Química – Questão 07

A incidência de radiação eletromagnética sobre um átomo é capaz de ejetar o elétron mais externo de sua camada de valência. A energia necessária para a retirada deste elétron pode ser determinada pelo princípio da conservação de energia, desde que se conheça sua velocidade de ejeção. Para um dado elemento, verificou-se que a velocidade de ejeção foi de $1,00 \times 10^6$ m/s, quando submetido a 1070,9 kJ/mol de radiação eletromagnética.

Considerando a propriedade periódica apresentada no gráfico (Energia de Ionização x Número Atômico) e a massa do elétron igual a $9,00 \times 10^{-31}$ kg, **DETERMINE:**

- o elemento em questão, sabendo que este pertence ao terceiro período da Tabela Periódica.
- o número atômico do próximo elemento do grupo.
- as hibridizações esperadas para o primeiro elemento deste grupo.



RESOLUÇÃO:

A) Energia cinética de ejeção de 1 elétron:

$$E_{e^-} = \frac{m_e \cdot v^2}{2} = 4,5 \cdot 10^{-22} \text{ kJ}$$

Energia cinética de 1 mol de elétrons:

$$E_{e^- \text{ mol}} = 271 \text{ kJ/mol}$$

Energia de ionização:

$E_{\text{ionização}} = E_{\text{radiação}} - E_{e^-} = 800 \text{ kJ/mol}$, o que corresponde ao silício (Si - 14), pelo gráfico fornecido.

B) Si (Z = 14): $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^2$

Elemento X: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^{10}, 4p^2$

O elemento X possui número atômico Z=32.

C) As hibridizações esperadas são do tipo sp, sp^2 e sp^3 , para o elemento $1s^2, 2s^2, 2p^2$ (Z=6).

Química – Questão 08

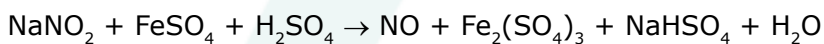
Uma forma de sintetizar óxido nítrico em meio aquoso é reagir nitrito de sódio com sulfato ferroso e ácido sulfúrico, produzindo, além do óxido nítrico, sulfato férrico e bissulfato de sódio.

Partindo de 75,0 g de nitrito de sódio, 150,0 g de ácido sulfúrico e 152,0 g de sulfato ferroso e tendo a reação 90% de rendimento, determine a massa de óxido nítrico obtida.

RESOLUÇÃO:

Nitrito de sódio	NaNO_2
Óxido nítrico	NO
Sulfato ferroso	FeSO_4
Ácido sulfúrico	H_2SO_4
Sulfato férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
Bissulfato de sódio	NaHSO_4
Água	H_2O

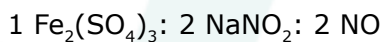
Equação a balancear:



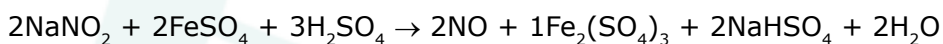
As variações de NOx são:

$$|\Delta\text{NOx}(\text{N})| = 1/\text{átomo}; |\Delta\text{NOx}(\text{Fe})| = 1/\text{átomo}$$

Escolha das substâncias:



o que leva à seguinte equação balanceada:



Determinação do reagente limitante:

$$\text{NaNO}_2 : \frac{75 \text{ g}}{69 \text{ g/mol}} = 1,09 \text{ mol}$$

$$\text{FeSO}_4 : \frac{152 \text{ g}}{152 \text{ g/mol}} = 1,00 \text{ mol}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 : \frac{150 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = 1,53 \text{ mol}$$

Como a proporção de reação é de 1 mol NaNO_2 : 1 mol FeSO_4 : 1,5 mol de H_2SO_4 , o reagente limitante é o FeSO_4 .

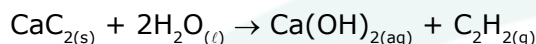
Estequiometricamente, 1 mol FeSO_4 produziria 1 mol de NO ; considerando o rendimento, haverá a produção de 0,90 mol de NO , ou seja, 27,0 g.

Química – Questão 09

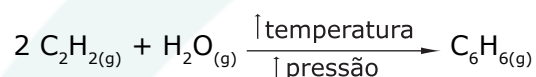
Proponha uma síntese para o TNT (2,4,6-trinitrotolueno) a partir do carbeto de cálcio e de outras matérias-primas convenientes.

RESOLUÇÃO:

Misturando-se carbeto de cálcio e água, produz-se gás etino (acetileno) e hidróxido de sódio:



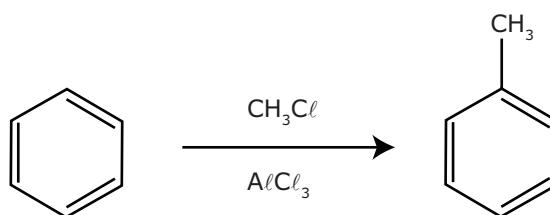
A trimerização de acetileno sob elevadas pressão e temperatura produz benzeno:



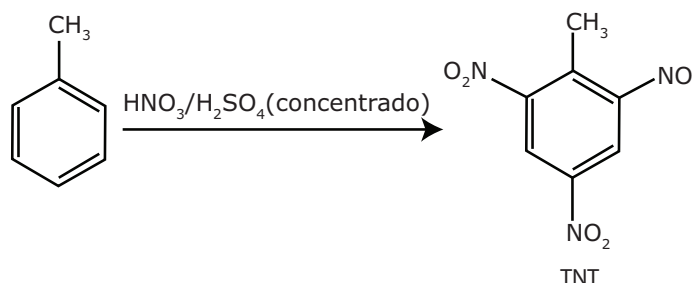
Obs.: A reação acima ocorre na presença de ferro e a temperatura exigida é $\sim 600 \text{ }^\circ\text{C}$.

Processa-se a substituição eletrofílica do anel aromático misturando-se benzeno com clorometano (cloreto de metila) na presença de um ácido de Lewis como cloreto de alumínio (AlCl_3).

Neste processo (alquilação de Friedel-Crafts) produz-se metil-benzeno (tolueno):



Uma vez que o grupo alquílico metila é um grupo orto-para-dirigente processam-se sucessivas nitrações na presença de ácido sulfúrico concentrado até a obtenção da substância 2-metil-1,3,5-trinitro-benzeno (1,3,5-trinitro-tolueno, TNT):



Química – Questão 10

Um composto orgânico **A**, de fórmula molecular C_9H_{10} , quando tratado com hidrogênio, na presença de um catalisador, fornece um composto **B** de massa molecular duas unidades maior que **A**. Oxidando **A** ou **B** com $KMnO_4$ e KOH , obtém-se o composto **C**, de fórmula molecular $C_7H_5O_2K$. A reação de **B** com uma solução de HNO_3 e H_2SO_4 fornece dois isômeros **D** e **E**. Finalmente, quando **A** é tratado com O_3 e, em seguida, com zinco em pó, obtém-se um composto **F**, com fórmula molecular C_8H_8O , o qual apresenta resultado negativo no teste de Tollens. Com base nas informações acima, **FORNEÇA** as fórmulas estruturais planas dos compostos **A**, **B**, **C**, **D**, **E** e **F** e **JUSTIFIQUE** sua resposta, apresentando as respectivas reações

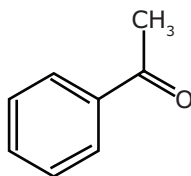
RESOLUÇÃO:

Como **A** e **B** diferem entre si por 2 unidades de massa e **B** é obtido após hidrogenação de **A**, as fórmulas moleculares de **A** e **B** são, respectivamente, C_9H_{10} e C_9H_{12} . Assim, estes compostos devem apresentar em suas estruturas anel aromático com ramificação: **A** apresenta ramificação insaturada e **B** ramificação saturada, uma vez que ocorre rompimento de ligação π da seção olefínica da estrutura **A**, ou seja, os átomos de carbono sp^2 da estrutura **A** são transformados em átomos de carbono sp^3 na estrutura **B** pela adição de hidrogênio.

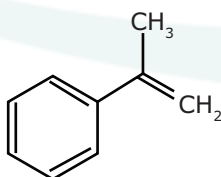
A oxidação enérgica de **A** ou **B** com $KMnO_4$ produz, após reação com KOH , o sal benzoato de potássio ($C_7H_5O_2K$).

A nitração de **B** produz os isômeros estruturais de posição **D** e **E** porque o radical alquílico isopropil de **B** é um orientador orto-para em reações de substituição eletrofílica de Friedel-Crafts. Os compostos **D** e **E** são denominados, respectivamente, de 2-isopropil-nitrobenzeno (*orto*-isopropil-nitrobenzeno) e 4-isopropil-nitrobenzeno (*para*-isopropil-nitrobenzeno).

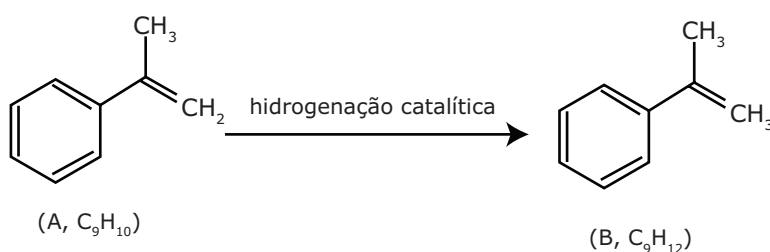
Por fim, se a ozonólise de **A** gera a cetona C_8H_8O , uma vez que apresenta teste negativo de Tollens, ou seja, C_8H_8O pode ser somente a substância metil-fenil-cetona:

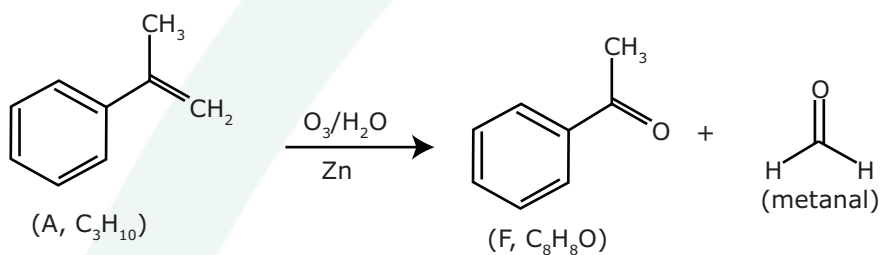
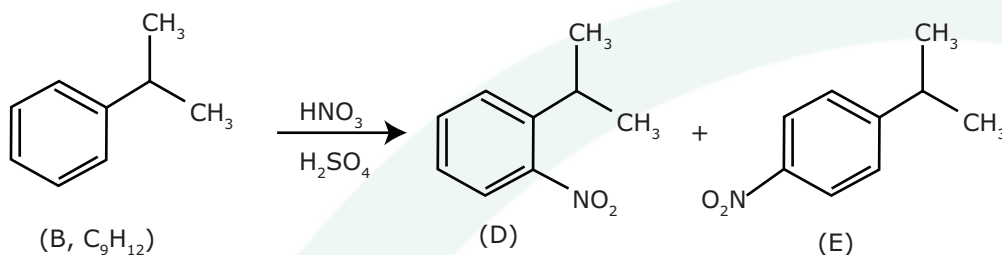
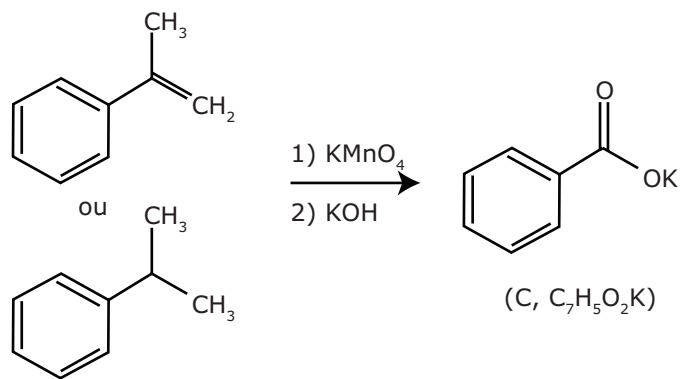


Portanto, o hidrocarboneto **A** deve possuir C_{sp^2} ligado diretamente ao anel aromático, ou seja, **A** apresenta a seguinte estrutura:



Concluindo, o esquema de reações é o seguinte:





Obs: Na etapa de ozonólise também será gerada a substância metanal (CH_2O , formol) a qual fornece teste positivo para o reativo de Tollens devido à oxidação a ácido metanóico (ácido fórmico) e produção do metal prata.

FOLHA DE DADOS

1. Massas atômicas aproximadamente de alguns elementos:

Elemento	Massa (u.m.a.)
Cálcio	40,1
Carbono	12,0
Cloro	35,5
Enxofre	32,0
Ferro	56,0
Hélio	4,00
Hidrogênio	1,00
Magnésio	24,3
Nitrogênio	14,0
Oxigênio	16,0
Potássio	39,1
Sódio	23,0

2. Potenciais de redução nas condições padrão (E°):

Reação	$E^\circ(\text{V})$
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2,90
$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0,80
$2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,00
$\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 4 \text{OH}^-$	0,40
$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$	1,20

3. Outras informações: Calor de formação da água líquida: $-285,9 \text{ kJ/mol}$; $1 \text{ F} = 9,65 \times 10^4 \text{ C/mol}$;

Relações termodinâmicas:

$$\Delta G^\circ = -nFE^\circ$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

Constantes ebulioscópica (K_{eb}) da água: $0,52 \text{ K.kg/mol}$

Densidade da água: $1,00 \text{ kg/L}$.