

1ª Questão

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

1ª Solução Ideal (Ostwald):

$$\text{AcH} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Ac}^-$$

[ ] <sub>i</sub>	X	-	0	0
[ ] <sub>R</sub>	$10^{-3}$	[ ] <sub>P</sub>	$10^{-3}$	$10^{-3}$
[ ] <sub>equil</sub>	$X - 10^{-3}$	-	$10^{-3}$	$10^{-3}$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{Ac}^-]}{[\text{AcH}]} \Rightarrow 1,75 \cdot 10^{-5} = \frac{10^{-3} \times 10^{-3}}{x - 10^{-3}} \Rightarrow 1,75 \times 10^{-5} (x - 10^{-3}) = 10^{-6} \Rightarrow x = \frac{10^{-1} + 1,75 \cdot 10^{-3}}{1,75} \Rightarrow$$

$$x = 58,14 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

2ª Solução Ideal:

$$\text{Poderíamos aplicar a fórmula } K_A = \frac{[\text{AcH}] \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}.$$

Como o ácido é um ácido fraco podemos usar a expressão simplificada  $K_A = [\text{AcH}] \cdot \alpha^2$ .

$$\text{Com } \alpha = \frac{+}{+}, \text{ então: } K_A = \frac{+}{-} \therefore [\text{AcH}] = \frac{(-)}{-} \therefore [\text{AcH}] = \frac{10^{-6}}{1,75 \times 10^{-5}} \therefore [\text{AcH}] = 57,14 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

A diferença de 0,001 é devido ao fator  $1 - \alpha$  que foi desprezado.

2ª Questão

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 da solução foi medida, obtendo-se 100,14°C. Considerando o sal totalmente dissociado, determine a massa de solução a ser acrescentada de modo a produzir um lote de 1000 kg com a concentração correta.

Solução Ideal:

$$\Delta t_e = K_e \cdot W \cdot i \Rightarrow 0,14 = 0,52 \cdot w \cdot 2 \Rightarrow W = 0,1346 \text{ molal}$$

$$W = 1000 \frac{n_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}}} \Rightarrow W = \frac{1000}{m_{\text{solvente}}} \times \frac{m_{\text{soluto}}}{M_{\text{soluto}}} \Rightarrow 0,1346 = \frac{1000}{58,5} \times \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}}} \Rightarrow \frac{m_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}}} = 7,8 \times 10^{-3}$$

Calculando a massa de solvente:

$$\begin{array}{l} 99,1 \text{ g} \text{ — } 100 \text{ g} \\ m_{\text{solvente}} \text{ — } 1000 \text{ kg} \end{array}$$

$$m_{\text{solvente}} = 991 \text{ kg}$$

Assim:  $m_{\text{soluto}} = 7,8 \cdot 10^{-3} \cdot 991 \Rightarrow m_{\text{soluto}} = 7,7298 \text{ kg}$  que é a massa de soluto já existente

Cálculo da massa de soluto necessária para a concentração requerida.

$$\begin{array}{l} 0,9 \text{ g} \text{ — } 100 \text{ g} \\ m_{\text{necessária}} \text{ — } 1000 \text{ g} \end{array} \Rightarrow m_{\text{necessária}} = 9 \text{ kg}$$

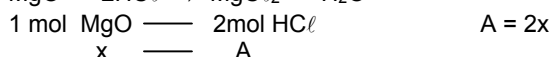
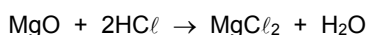
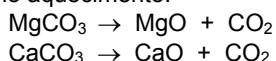
$$\text{massa que deve ser acrescentada: } m_{\text{acrescentada}} = m_{\text{necessária}} - m_{\text{existente}} = 9 \text{ kg} - 7,7298 \Rightarrow m_{\text{acrescentada}} = 1,2702 \text{ kg}$$

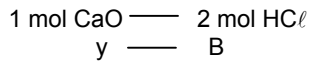
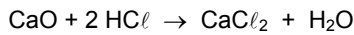
3ª Questão

Um calcário composto por  $\text{MgCO}_3$  e  $\text{CaCO}_3$  foi aquecido para produzir  $\text{MgO}$  e  $\text{CaO}$ . Uma amostra de 2,00 gramas desta mistura de óxidos foi tratada com 100 cm<sup>3</sup> de ácido clorídrico 1,00 molar. Sabendo-se que o excesso de ácido clorídrico necessitou de 20,0 cm<sup>3</sup> de solução de NaOH 1,00 mola para ser neutralizado, determine a composição percentual, em massa, de  $\text{MgCO}_3$  e  $\text{CaCO}_3$  na amostra original desse calcário.

Solução Ideal:

Temos no aquecimento:





$$B = 2y$$

$x = \text{n}^\circ$  de mols de CaO

$y = \text{n}^\circ$  de mols de MgO

1 – Cálculo da quantidade de ácido em excesso

$$n_{\text{NaOH}} = 1 \times 0,02 \Rightarrow 0,02 \text{ mol de ácido em excesso}$$

2 – Cálculo da quantidade de ácido utilizada

$$n = 1 \times 0,1 = 0,1 \text{ mol}$$

3 – Cálculo da quantidade de ácido que reagiu com os óxidos

$$n = 0,1 = 0,02 = 0,08 \text{ mol.}$$

$n_{\text{HCl}}$  que reagiu com o CaO = A

$n_{\text{HCl}}$  que reagiu com o MgO = B

$$A + B = 0,08$$

$$A = 2n_{\text{CaO}}$$

$$B = 2 n_{\text{MgO}}$$

$$2n_{\text{CaO}} + n_{\text{MgO}} = 0,04$$

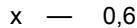
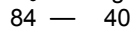
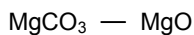
$$n_{\text{CaO}} + n_{\text{MgO}} = 2$$

$$56n_{\text{CaO}} + 40 n_{\text{MgO}} = 2$$

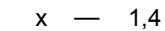
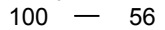
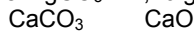
$$n_{\text{MgO}} = 0,04 - n_{\text{CaO}}$$

$$56n_{\text{CaO}} + 40 \times (0,04 - n_{\text{CaO}}) = 2 \Rightarrow 56n_{\text{CaO}} + 1,6 - 40n_{\text{CaO}} = 2 \Rightarrow 16n_{\text{CaO}} = 2 - 1,6 \Rightarrow n_{\text{CaO}} = \frac{0,4}{16} \Rightarrow$$

$$n_{\text{CaO}} = 0,025 \text{ mol de CaO} \Rightarrow n_{\text{CaO}} = 0,025 \times 56 = 1,4 \text{ g} \Rightarrow n_{\text{CaO}} = 0,6 \text{ g}$$



massa de  $\text{MgCO}_3 = 1,26 \text{ g}$



$$\Rightarrow x = \frac{100 \times 1,4}{56} \Rightarrow x = 2,5$$

Como massa de  $\text{CaCO}_3 = 2,5 \text{ g}$  e massa da mistura =  $3,76 \text{ g}$

$$\% \text{ de CaCO}_3 = \frac{2,5}{3,76} \times 100 \Rightarrow \begin{cases} \% \text{ CaCO}_3 = 66,48\% \\ \% \text{ MgCO}_3 = 33,52\% \end{cases}$$

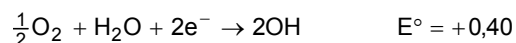
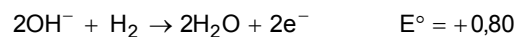
#### 4ª Questão

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:

- calcule a entropia padrão de formação da água líquida;
- justifique por que a reação da pilha é espontânea;
- avalie a variação da entropia nas vizinhanças do sistema.

#### Solução Ideal:

Reação que ocorre e calcula ao  $\Delta E$ :



$$\text{Cálculo do } \Delta G: \quad \Delta G = -nEF \Rightarrow \Delta G = -2 \times 1,2 \times 96500 \Rightarrow \Delta G = -231600 \text{ J} \Rightarrow \Delta G = -231,6 \text{ KJ}$$

$$\text{Cálculo da Entropia: } \Delta G = \Delta H - T \Delta S \Rightarrow -231,6 = -285,9 - 298 \Delta S \Rightarrow 54,3 = -298 \Delta S \Rightarrow \Delta S = -\frac{54,3}{298} \Rightarrow$$

$$\Delta S = -0,1822 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \text{ ou } -182,2 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

b) Porque o  $\Delta$  variação da energia livre de gibbs é menor que zero.

c) Como houve liberação de calor para a vizinhança devido a formação de  $\text{H}_2\text{O} (\ell)$

$$\Delta S_{\text{vizinhança}} = \frac{\Delta H_{\text{hidratado}}}{T_{\text{vizinhança}}} = \frac{(285,9)(1000)}{298} = 959,4 \text{ J/mol.K}$$

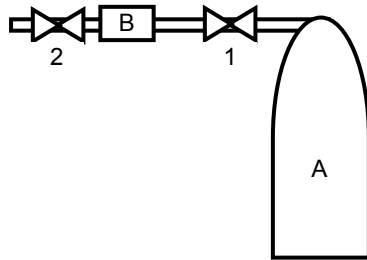
Como  $\Delta S_{\text{vizinhança}} + \Delta S_{\text{sistema}} > 0 \Rightarrow$  o processo é espontâneo.

**Comentário:** O  $\Delta S$  encontrado é a variação de entropia da reação, que é igual a entropia padrão de formação da água menos a somatória das entropias padrão dos reagentes, que são diferentes de zero e não são fornecidos.

### 5ª Questão

Na figura abaixo, o cilindro **A** de volume  $V_A$  contém um gás inicialmente a uma 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  $P_0 > p > P_{\text{atm}}$ , onde  $P_{\text{atm}}$  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** retome ao seu valor inicial  $p$ , completamente 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.



### 1ª Solução Ideal:

Inicialmente temos que:  $P_0 V_A = n_{0A} RT$      $p V_B = n_{0B} RT$

Quando a válvula 1 é aberta:  $P_1(V_A + V_B) = (n_{0A} + n_{0B})RT \Rightarrow P_1(V_A + V_B) = \left( \frac{P_0 V_A}{RT} + \frac{p V_B}{RT} \right) RT \Rightarrow P_1 = \frac{P_0 V_A + p V_B}{V_A + V_B}$

Quando a chave 1 é fechada, o número de mols do gás que fica aprisionado no cilindro A é determinado por:

$$P_1 V_A = n_{1A} RT \Rightarrow n_{1A} = \frac{P_1 V_A}{RT}$$

Quando abrimos a válvula 2 e a pressão no vaso B fica igual a  $p$  (volume  $V_B$  e temperatura  $T$ ), a quantidade de mols fica igual à quantidade inicial  $n_{0B} = \frac{p V_B}{RT}$ .

Abrindo novamente a válvula 1:  $P_2(V_A + V_B) = (n_{1A} + n_{0B})RT \Rightarrow P_2(V_A + V_B) = \left( \frac{(P_0 V_A + p V_B) V_A}{(V_A + V_B) RT} + \frac{p V_B}{RT} \right) RT \Rightarrow$

$$P_2 = \frac{P_0 V_A^2 + 2p V_A V_B + p V_B^2}{(V_A + V_B)^2}$$

Procedendo do mesmo modo, encontramos que:  $P_3(V_A + V_B) = (n_{2A} + n_{0B})RT \Rightarrow$

$$P_3(V_A + V_B) = \left( \frac{(P_0 V_A^2 + 2p V_A V_B + p V_B^2) V_A}{(V_A + V_B)^2 RT} + \frac{p V_B}{RT} \right) RT \Rightarrow P_3 = \frac{P_0 V_A^3 + 3p V_A^2 V_B + 3p V_A V_B^2 + p V_B^3}{(V_A + V_B)^3}$$

Generalizando, podemos afirmar que:  $P_N = \frac{p(V_A + V_B)^N - p V_A^N + P_0 V_A^N}{(V_A + V_B)^N}$

### 2ª Solução Ideal:

Suponha que  $P_N$  é a pressão do vaso A após  $N$  ciclos. Assim, utilizando a notação da 1ª solução, podemos escrever que:

$$P_N(V_A + V_B) = (n_{(N-1)A} + n_{0B})RT \Rightarrow P_N(V_A + V_B) = \left( \frac{P_{N-1} V_A}{RT} + \frac{p V_B}{RT} \right) RT \Rightarrow P_N = \left( \frac{V_A}{V_A + V_B} \right) P_{N-1} + \frac{p V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow$$

$$P_N - p = \left( \frac{V_A}{V_A + V_B} \right) (P_{N-1} - p)$$

Como  $\frac{V_A}{V_A + V_B}$  é uma constante, então a seqüência  $P_N - p$  é uma progressão geométrica, cuja razão é  $\frac{V_A}{V_A + V_B}$  e termo

inicial (termo de ordem zero) igual a  $P_0 - p$ . Pelo termo geral da PG:

$$P_N - p = (P_0 - p) \left( \frac{V_A}{V_A + V_B} \right)^N \Rightarrow P_N = \frac{p(V_A + V_B)^N - p V_A^N + P_0 V_A^N}{(V_A + V_B)^N}$$

6ª Questão

Inicia-se um determinado experimento colocando-se uma massa  $m$ , (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:  $X \rightarrow Y + \frac{4}{2}\text{He}$

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 =  $\rho$  ( $kg/m^3$ );  
aceleração da gravidade =  $g$  ( $m/s^2$ )  
constante dos gases perfeitos =  $R$  ( $Pam^3/molK$ )

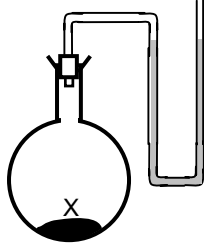


Figura 1

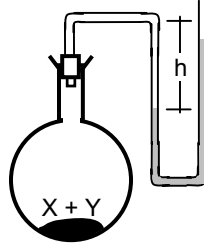
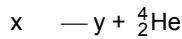


Figura 2

Solução Ideal:

$$P_{\text{He}} = P_{\text{Hg}} \Rightarrow \frac{nRT}{V} = \rho gh \quad (1)$$



1 mol de  $x$  — 1 mol de He

Massa atual:  $m_{\text{atual}} = \frac{m_x}{2^{t/T_{1/2}}}$

Número de mols de  $x$ :  $n_x = \frac{m_x - m_{\text{atual}}}{M_x} = \frac{m_x - \frac{m_x}{2^{t/T_{1/2}}}}{M_x} = \frac{m_x \left(1 - \frac{1}{2^{t/T_{1/2}}}\right)}{M_x}$

Número de mols de  $x$  que decompõe:  $n_{x \text{ decompõe}} = n_{\text{He formado}} = \frac{m_x \left(1 - \frac{1}{2^{t/T_{1/2}}}\right)}{M_x}$

A percentagem  $p$  que difunde-se:

$$100 \frac{m_x \left(1 - \frac{1}{2^{t/T_{1/2}}}\right)}{M_x} \Bigg| \Rightarrow y = \frac{p \cdot m_x \left(1 - \frac{1}{2^{t/T_{1/2}}}\right)}{100 M_x}$$

$p$  —  $y$

Substituindo em (1):  $\frac{p \cdot m_x \left(1 - \frac{1}{2^{t/T_{1/2}}}\right)}{100 M_x} \frac{R \cdot T}{V} = \rho gh \Rightarrow h = \frac{p \cdot m_x \left(1 - \frac{1}{2^{t/T_{1/2}}}\right)}{100 M_x} \frac{RT}{\rho g V}$

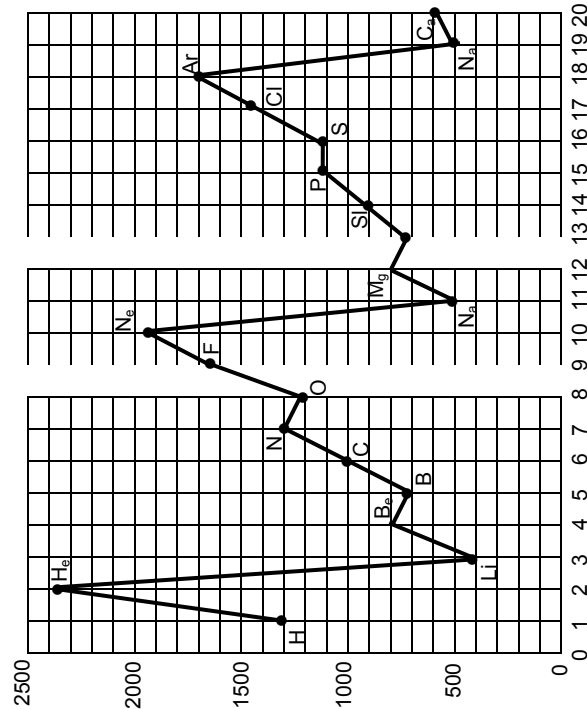
7ª Questão

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.



**Solução Ideal:**

a)  $E_{\text{onda}} = E_{\text{ionização}} + E_{\text{ke}^-}$

b)  $E_{\text{ionização}} = E_{\text{onda}} - E_{\text{ke}^-}$  onde  $E_{\text{ke}^-} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow E_{\text{ionização}} = 1.070,9 - \dots \Rightarrow$   
 $E_{\text{ionização}} = 1.070,9 - 270,9 \Rightarrow E_{\text{ionização}} = 800 \text{ KJ/mol}$

Ao consultar o gráfico fornecido, verificamos que o elemento em questão é o silício.

b) 32

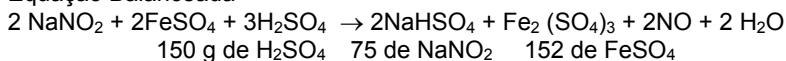
c) sp, sp<sup>2</sup>, sp<sup>3</sup>

**8ª Questão**

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.

**Solução Ideal:**

Equação Balanceada



A relação entre os três reagentes será

NaNO <sub>2</sub>	—	FeSO <sub>4</sub>	—	1,5 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1 mol		1 mol		1,5 mol
69g		152 g		147 g

NaNO<sub>2</sub> está em excesso                      H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> está em excesso                      FeSO<sub>4</sub> é o limitante  
 1 mol FeSO<sub>4</sub> — 1 mol de NO  
 152 — 30 g

massa de NO = 30 g

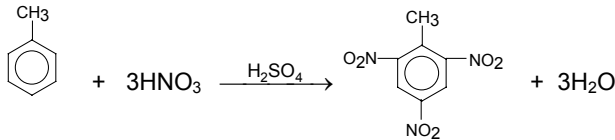
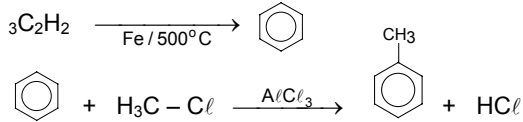
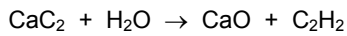
30g	—	100%
x	—	90%

$$x = \frac{30 \times 90}{100} = 27 \text{ g}$$

9ª Questão

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

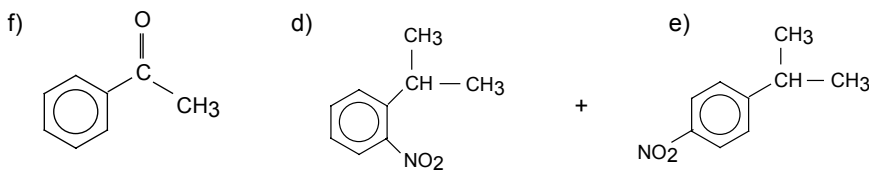
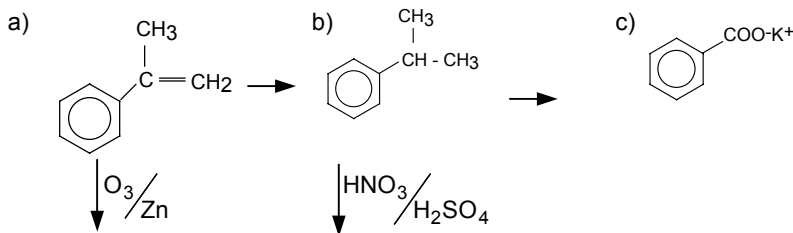
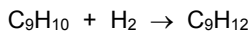
Solução Ideal:



10ª Questão

Um composto orgânico **A**, de fórmula molecular  $\text{C}_9\text{H}_{10}$ , 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  $\text{KMnO}_4$  e  $\text{KOH}$ , obtém-se o composto **C**, de fórmula molecular  $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{K}$ . A reação de **B** com uma solução de  $\text{HNO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  fornece dois isômeros **D** e **E**. Finalmente, quando **A** é tratado com  $\text{O}_3$  e, em seguida, com zinco em pó, obtém-se um composto **F**, com fórmula molecular  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$ , o qual apresenta resultado negativo no teste de Tollens. Com base nas informações acima, forneça as fórmulas estruturais plantas dos compostos **A**, **B**, **C**, **D**, **E** e **F** e justifique sua resposta, apresentando as respectivas reações.

Solução Ideal:



Solução Ideal - IME 2004 - Química

Este gabarito foi totalmente elaborado pela equipe de professores de Química do Ideal Militar

**Equipe de Química**  
Prof. Joáurio  
Prof. Jorge

**Coordenadores**  
Marcelo Rufino  
Marcos Flexa

**Digitação**  
Sueli Santos