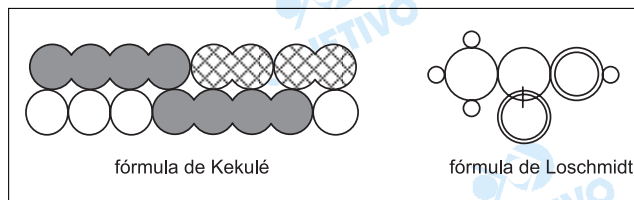


QUÍMICA

1

Em 1861, o pesquisador Kekulé e o professor secundário Loschmidt apresentaram, em seus escritos, as seguintes fórmulas estruturais para o ácido acético ($C_2H_4O_2$):



Mais tarde, Lewis introduziu uma maneira, ainda utilizada, de representar estruturas moleculares.

Nas fórmulas de Lewis, o total de elétrons de valência dos átomos contribui para as ligações químicas, bem como para que cada átomo passe a ter configuração de gás nobre.

- Faça uma legenda para as fórmulas de Kekulé e Loschmidt, indicando as figuras utilizadas para representar os átomos de C, H e O.
- Escreva a fórmula de Lewis do ácido acético.
- Mostre, usando fórmulas estruturais, as interações que mantêm próximas duas moléculas de ácido acético.

Resolução

a) Fórmula de Kekulé

Átomo de carbono



Átomo de oxigênio



Átomo de hidrogênio



Fórmula de Loschmidt

Átomo de carbono



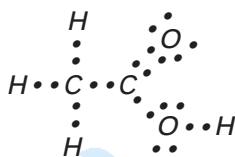
Átomo de oxigênio



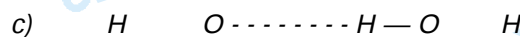
Átomo de hidrogênio

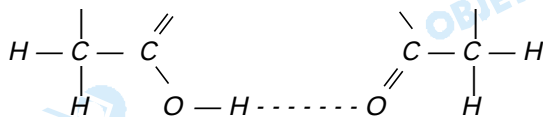


b)



Ponte de Hidrogênio



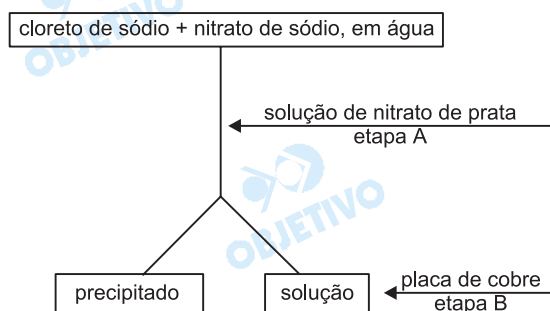


As interações que mantêm próximas duas moléculas de ácido acético são ligações de hidrogênio (ponte de hidrogênio) formando dímeros.

2

Uma mistura de cloreto de sódio e nitrato de sódio, de massa 20,20 g, foi dissolvida em água suficiente. A essa solução adicionaram-se 250 mL de solução aquosa de nitrato de prata de concentração 0,880 mol/L. Separou-se o sólido formado, por filtração, e no filtrado mergulhou-se uma placa de cobre metálico de massa igual a 20,00 g. Após certo tempo, observou-se depósito prateado sobre a placa e coloração azul na solução. A placa seca pesou 21,52 g.

O esquema desse procedimento é:

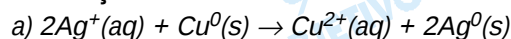


- Escreva a equação balanceada que representa a reação química que ocorre na etapa B.
- Qual a quantidade, em mols, do depósito prateado formado sobre a placa de cobre? Mostre os cálculos.
- Qual a quantidade, em mols, de nitrato de prata em 250 mL da solução precipitante? Mostre os cálculos.
- Qual a massa de nitrato de sódio na mistura original? Mostre os cálculos.

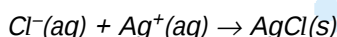
Dados: massas molares (g/mol)

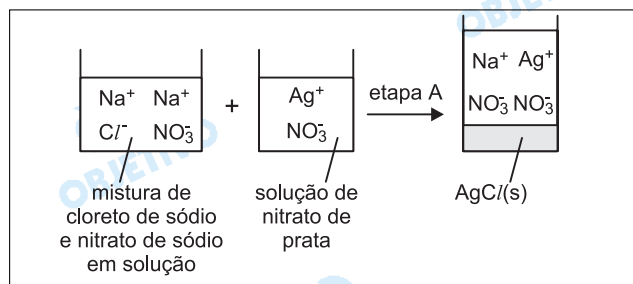
Ag.....108 Cu.....64 NaCl.....58

Resolução

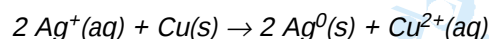


b) Na etapa A ocorreu a precipitação do cloreto de prata devido à adição de íons prata à solução contendo íons cloreto.



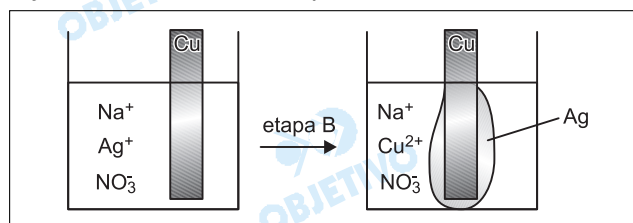


Feita a filtração, podemos concluir com certeza que haverá excesso de íons prata no filtrado, uma vez que íons prata são reduzidos a prata metálica após a adição de uma placa de cobre no sistema.



O depósito prateado sobre a placa é devido à formação de prata metálica e a coloração azul da solução é devida à presença de íons Cu^{2+} na solução.

Vamos admitir que todos os íons prata da solução sejam transformados em prata metálica.



Pela equação da reação, podemos concluir que para a formação de **2 mols de prata metálica** ($2 \times 108\text{g}$), ocorreu uma diminuição de 1 mol de cobre metálico (64g) da placa, o que implica um aumento de massa de $(2 \times 108\text{g} - 64\text{g}) = 152\text{g}$

Cálculo do aumento de massa na placa de cobre:

$$21,52\text{g} - 20,00\text{g} = 1,52\text{g}$$

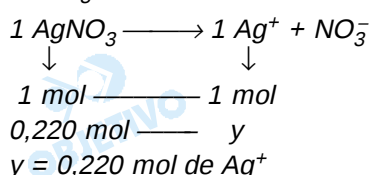
logo: aumento de massa

$$\begin{array}{rcl} \downarrow & & \downarrow \\ 2 \text{ mol de Ag} & \text{-----} & 152 \text{ g} \\ x & \text{-----} & 1,52 \text{ g} \\ x = 0,02 \text{ mol de Ag} \end{array}$$

c) Cálculo da quantidade em mols de AgNO_3 em 250mL de solução 0,880 mol/L.

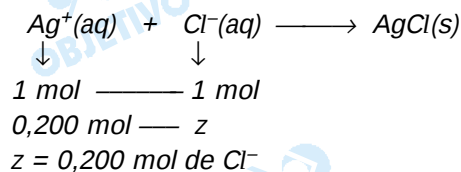
$$\begin{array}{rcl} 0,880 \text{ mol de AgNO}_3 & \text{-----} & 1\text{L} \\ x & \text{-----} & 0,250\text{L} \\ x = 0,220 \text{ mol de AgNO}_3 \end{array}$$

d) Cálculo da quantidade de íons Ag^+ na solução de AgNO_3

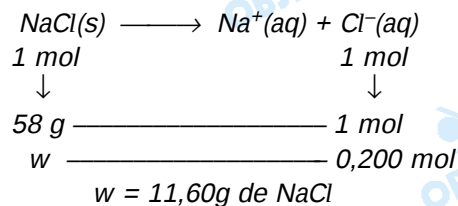


Como no filtrado existia 0,02 mol de íons Ag^+ que

foram reduzidos a prata metálica, podemos concluir que a quantidade em mols de íons Ag^+ que foram precipitados pelos íons Cl^- é: $(0,220 \text{ mol} - 0,02 \text{ mol}) = 0,200 \text{ mol}$



Cálculo de massa de NaCl na mistura inicial:



Cálculo da massa de nitrato de sódio na mistura original:

$$20,20 \text{ g} - 11,60 \text{ g} = 8,60 \text{ g de } \text{NaNO}_3$$

3

As florestas, que cobrem partes de nosso planeta, participam da remoção do dióxido de carbono do ar atmosférico que respiramos. No entanto, em uma nave espacial, é preciso utilizar determinadas substâncias para retirar o dióxido de carbono do ar que os astronautas respiram. Isto pode ser feito por meio de qualquer das seguintes transformações:

peróxido de sódio + dióxido de carbono $\rightarrow$ carbonato de sódio + oxigênio

hidróxido de magnésio + dióxido de carbono $\rightarrow$ carbonato de magnésio + água

hidróxido de lítio + dióxido de carbono $\rightarrow$ carbonato de lítio + água

a) Utilizando fórmulas químicas, escreva as equações balanceadas que representam essas transformações.

b) Uma nave espacial deve carregar o mínimo de carga. Assim, qual dos reagentes das três transformações acima seria o mais adequado para uma viagem interplanetária? Explique.

c) Um astronauta produz cerca de 400 L de CO_2 , medidos a 25°C e 1 atm, a cada 24 horas.

Calcule a massa do reagente, escolhido no item b, que será necessária para remover esse volume de CO_2 .

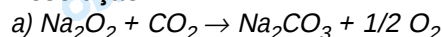
Dados:

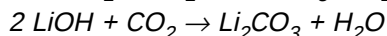
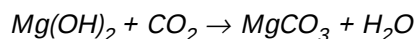
Volume molar de gás a 25°C e 1 atm: 25 L/mol

Massas molares (g/mol)

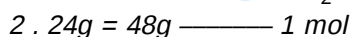
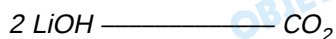
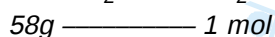
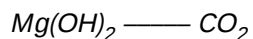
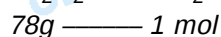
H...1,0 Li...7,0 C...12 O...16 Na...23 Mg...24

Resolução

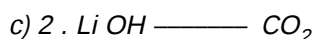




b) Considerando a mesma quantidade de CO_2 absorvida, temos:



O reagente mais adequado é o LiOH , pois apresenta menor quantidade de massa consumida, consequentemente a nave terá menor carga.



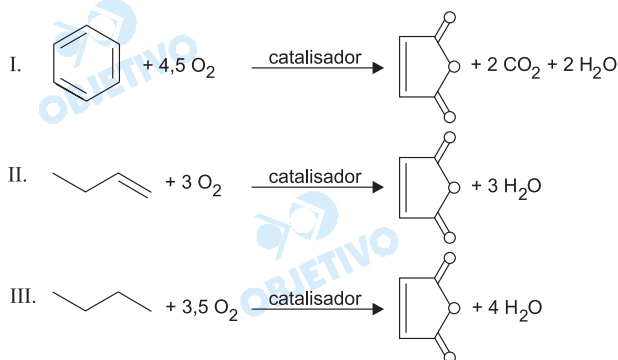
$$x = 768 \text{ g}$$

4

A “química verde”, isto é, a química das transformações que ocorrem com o mínimo de impacto ambiental, está baseada em alguns princípios:

- 1) utilização de matéria-prima renovável,
- 2) não geração de poluentes,
- 3) economia atômica, ou seja, processos realizados com a maior porcentagem de átomos dos reagentes incorporados ao produto desejado.

Análise os três processos industriais de produção de anidrido maléico, representados pelas seguintes equações químicas:



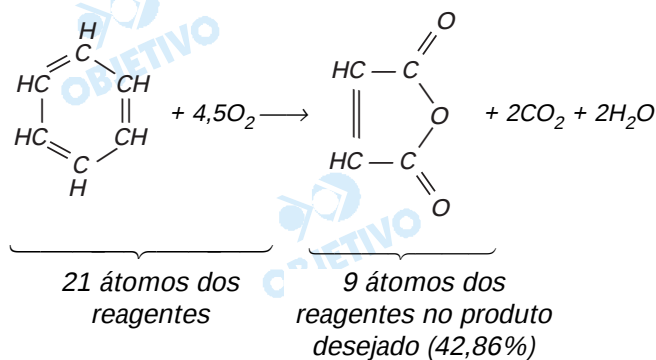
- a) Qual deles apresenta maior economia atômica? Justifique.
- b) Qual deles obedece pelo menos a dois princípios dentre os três citados? Justifique.
- c) Escreva a fórmula estrutural do ácido que, por desidratação, pode gerar o anidrido maléico.
- d) Escreva a fórmula estrutural do isômero geométrico do ácido do item c.

Resolução

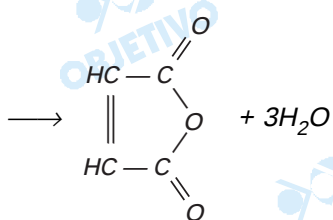
a) O processo em que temos maior porcentagem de

átomos dos reagentes incorporados ao produto é o **II**.

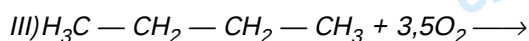
I)



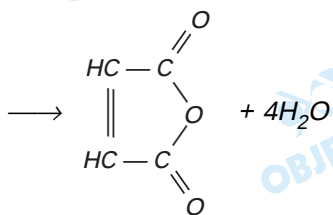
18 átomos dos reagentes



9 átomos dos reagentes no produto desejado (50%)



21 átomos dos reagentes



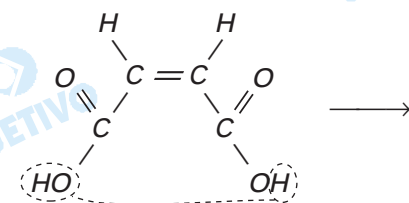
9 átomos dos reagentes no produto desejado (42,86%)

b) O processo II, além de apresentar maior economia atômica, não gera poluentes.

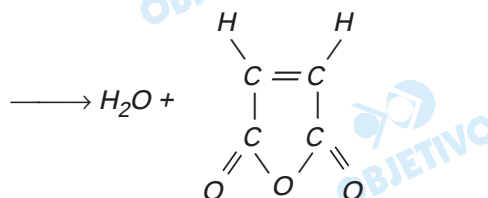
Nos três processos, a matéria-prima não é renovável.

c) O ácido maléico origina, por desidratação, o anidrido

maléico, conforme a reação:

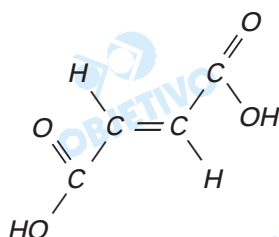


ácido maléico
(ácido cis-butenodióico)



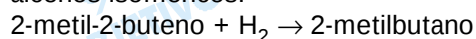
anidrido maléico

- d) O isômero geométrico do ácido maléico (ácido cis-butenodióico) é o ácido fumárico (ácido trans-butenodióico).

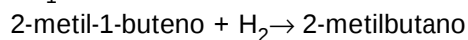


5

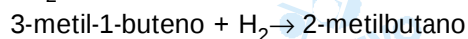
O 2-metilbutano pode ser obtido pela hidrogenação catalítica, em fase gasosa, de qualquer dos seguintes alcenos isoméricos:



$$\Delta H_1 = -113 \text{ kJ/mol}$$

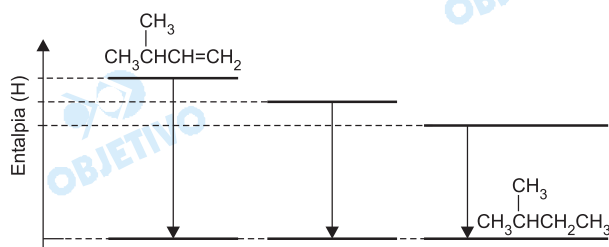


$$\Delta H_2 = -119 \text{ kJ/mol}$$



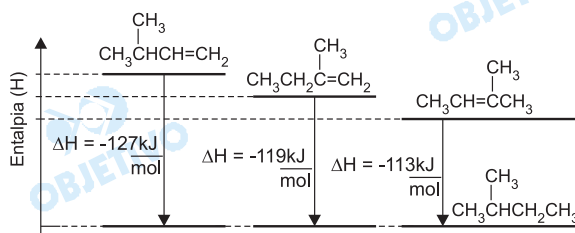
$$\Delta H_3 = -127 \text{ kJ/mol}$$

- Complete o esquema da figura com a fórmula estrutural de cada um dos alcenos que faltam. Além disso, ao lado de cada seta, coloque o respectivo ΔH de hidrogenação.
- Represente, em uma única equação e usando fórmulas moleculares, as reações de combustão completa dos três alcenos isoméricos.
- A combustão total de cada um desses alcenos também leva a uma variação negativa de entalpia. Essa variação é igual para esses três alcenos? Explique.



Resolução

- a) Nas três reações, o produto final é o mesmo e, portanto, a entalpia dos produtos é a mesma. A reação que libera maior quantidade de energia indica o reagente de maior entalpia (já representada no gráfico dado). Completa-se o esquema da seguinte maneira.



- b) Os alcenos citados no texto apresentam fórmula molecular C_5H_{10} , portanto, a equação da reação de combustão completa é:
 $C_5H_{10} + 15/2O_2 \rightarrow 5CO_2 + 5H_2O$ ou
 $2C_5H_{10} + 15O_2 \rightarrow 10CO_2 + 10H_2O$
- c) Pelo gráfico, verifica-se que o conteúdo energético (calor de formação) de cada isômero é diferente. Como os produtos na combustão dos três isômeros são os mesmos, o ΔH de combustão dos três isômeros será diferente.

6

A reação de acetato de fenila com água, na presença de catalisador, produz ácido acético e fenol. Os seguintes dados de concentração de acetato de fenila, [A], em função do tempo de reação, t , foram obtidos na temperatura de $5^\circ C$:

t/min	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
[A]/mol L ⁻¹	0,80	0,59	0,43	0,31	0,23	0,17	0,12

- a) Com esses dados, construa um gráfico da concentração de acetato de fenila (eixo y) em função do tempo de reação (eixo x), utilizando o quadriculado da figura.
- b) Calcule a velocidade média de reação no intervalo de 0,25 a 0,50 min e no intervalo de 1,00 a 1,25 min.
- c) Utilizando dados do item b, verifique se a equação de velocidade dessa reação pode ser dada por:

$$v = k [A]$$

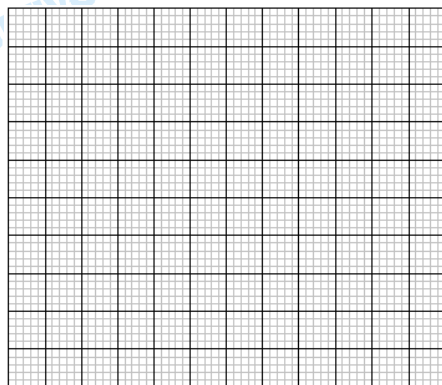
onde v = velocidade da reação

k = constante, grandeza que independe de v

e de [A]

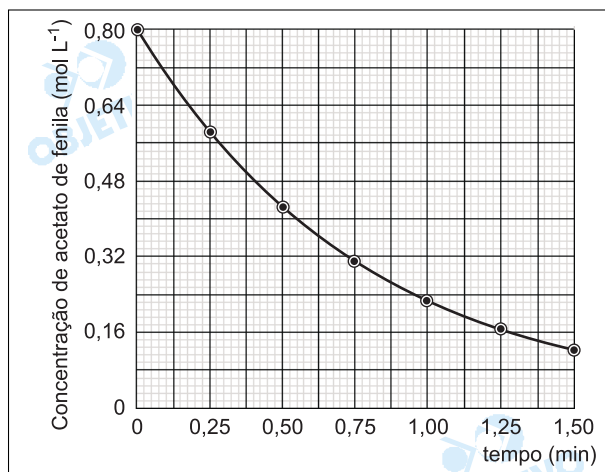
[A] = concentração de acetato de fenila

- d) Escreva a equação química que representa a hidrólise do acetato de fenila.



Resolução

a)



- b) Intervalo de 0,25 min a 0,50 min:

$$v_m = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{(0,43 - 0,59) \text{ mol/L}}{(0,50 - 0,25) \text{ min}} = 0,64 \text{ mol/L} \cdot \text{min}^{-1}$$

Intervalo de 1,00 min a 1,25 min:

$$v_m = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{(0,17 - 0,23) \text{ mol/L}}{(1,25 - 1,00) \text{ min}} = 0,24 \text{ mol/L} \cdot \text{min}^{-1}$$

- c) Para uma reação de primeira ordem, a velocidade instantânea para a concentração 0,512 mol/L, obtida no gráfico para $t = 0,375$, é igual à velocidade média no intervalo 0,25 min a 0,50 min.
Para uma reação de primeira ordem, a velocidade instantânea para a concentração 0,192 mol/L, obtida no gráfico para $t = 1,125$ min, é igual à velocidade média no intervalo 1,00 min a 1,25 min.
A relação entre as velocidades é:

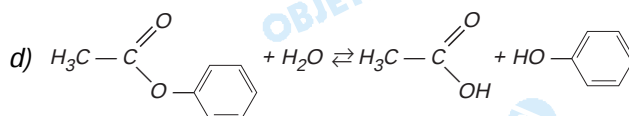
$$\frac{0,64 \text{ mol/L} \cdot \text{min}}{0,24 \text{ mol/L} \cdot \text{min}} = 2,66$$

A relação entre as concentrações é:

$$\frac{0,512 \text{ mol/L}}{0,192 \text{ mol/L}} = 2,66$$

Concluimos que a equação de velocidade dessa reação é de 1ª ordem, isto é,

$$v = k [A].$$

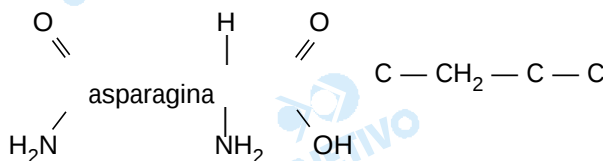
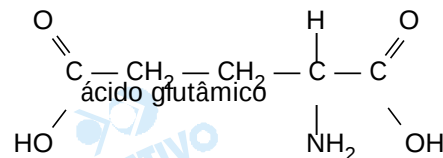
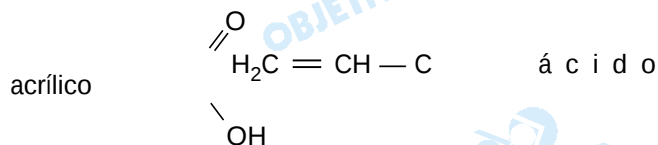


7

Ao cozinhar alimentos que contêm proteínas, forma-se acrilamida (amida do ácido acrílico), substância suspeita de ser cancerígena.

Estudando vários aminoácidos, presentes nas proteínas, com o α-aminogruppo marcado com nitrogênio-15, verificou-se que apenas um deles originava a acrilamida e que este último composto não possuía nitrogênio-15.

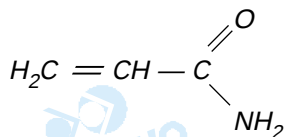
Dados:



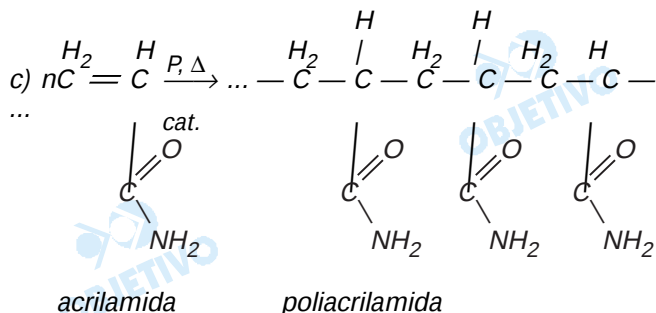
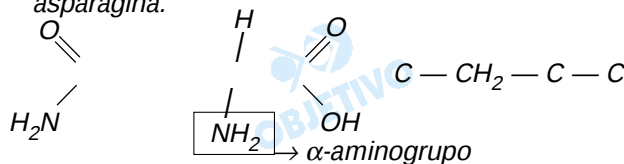
- Dê a fórmula estrutural da acrilamida.
- Em função dos experimentos com nitrogênio-15, qual destes aminoácidos, a asparagina ou o ácido glutâmico, seria responsável pela formação da acrilamida? Justifique.
- Acrilamida é usada industrialmente para produzir poliacrilamida. Represente um segmento da cadeia desse polímero.

Resolução

a) A fórmula estrutural da acrilamida é:

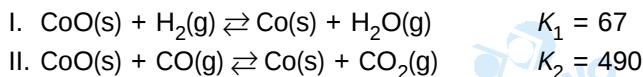


- b) Como a acrilamida não possui o nitrogênio-15, este átomo não provém de α -aminogruppo, portanto, é a asparagina.

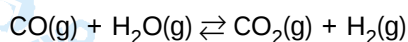


8

Cobalto pode ser obtido a partir de seu óxido, por redução com hidrogênio ou com monóxido de carbono. São dadas as equações representativas dos equilíbrios e suas respectivas constantes a 550°C.



- a) Mostre como se pode obter a constante (K_3) do equilíbrio representado por



a 550°C, a partir das constantes dos equilíbrios I e II.

- b) Um dos processos industriais de obtenção de hidrogênio está representado no item a. A 550°C, a reação, no sentido da formação de hidrogênio, é exotérmica. Para este processo, discuta a influência de cada um dos seguintes fatores:
- aumento de temperatura.
 - uso de catalisador.
 - variação da pressão.

Resolução

$$a) K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{O}]}{[\text{H}_2]} = 67 \therefore \frac{1}{K_1} = \frac{[\text{H}_2]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

$$K_2 = \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{CO}]} = 490$$

$$K_3 = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

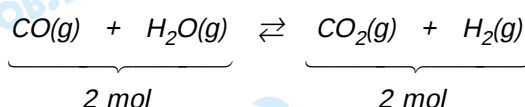
$$K_3 = \frac{K_2}{K_1} = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{490}{67}$$

$$K_3 = 7,3$$

b) O aumento da temperatura desloca o equilíbrio no sentido de formação de CO e H₂O (reação endotérmica), diminuindo o rendimento da reação em relação ao H₂.

O uso de catalisador não altera o rendimento de reação em relação ao H₂, pois não altera as concentrações dos participantes, isto é, não desloca o equilíbrio; o equilíbrio é atingido mais rapidamente.

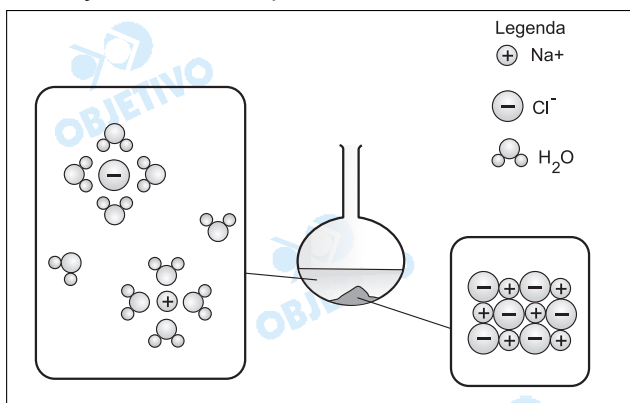
A variação da pressão não desloca o equilíbrio, pois as quantidades em mol são iguais nos dois sentidos da equação, ou seja, não há variação de volume.



9

Uma mistura constituída de 45 g de cloreto de sódio e 100 mL de água, contida em um balão e inicialmente a 20°C, foi submetida à destilação simples, sob pressão de 700 mm Hg, até que fossem recolhidos 50 mL de destilado.

O esquema abaixo representa o conteúdo do balão de destilação, antes do aquecimento:



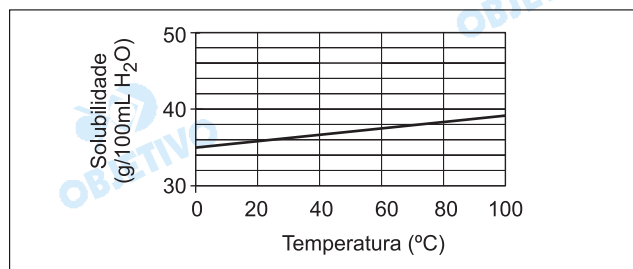
a) De forma análoga à mostrada acima, represente a fase de vapor, durante a ebulição.

b) Qual a massa de cloreto de sódio que está dissolvida, a 20°C, após terem sido recolhidos 50 mL de destilado? Justifique.

c) A temperatura de ebulição durante a destilação era igual, maior ou menor que 97,4°C? Justifique.

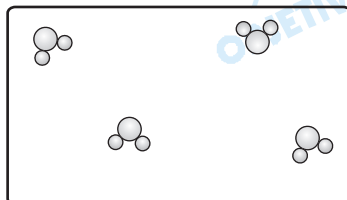
Dados: Curva de solubilidade do cloreto de sódio em água:

Ponto de ebulição da água pura a 700 mm Hg: 97,4°C



Resolução

a)



b) De acordo com a curva de solubilidade fornecida, verifica-se que sob pressão de 700 mmHg, a 20°C, é possível dissolver 36g de cloreto de sódio em 100mL de H₂O. Após terem sido recolhidos 50mL de H₂O (destilado), sobraram no balão 45g de cloreto de sódio e 50mL de H₂O.

a 20°C: 36g de NaCl ————— 100mL de H₂O

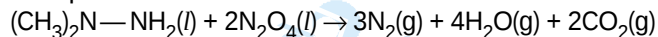
x ————— 50mL de H₂O

∴ $x = 18\text{g de NaCl dissolvidos}$

c) Quando um solvente contém partículas dispersas, o seu ponto de ebulição aumenta (ebuliometria). Como o ponto de ebulição da água pura a 700 mmHg é 97,4°C, o ponto de ebulição da água na solução é maior.

10

Dimetil-hidrazina e tetróxido de dinitrogênio foram usados nos foguetes do módulo que pousou na Lua nas missões Apollo. A reação, que ocorre pela simples mistura desses dois compostos, pode ser representada por



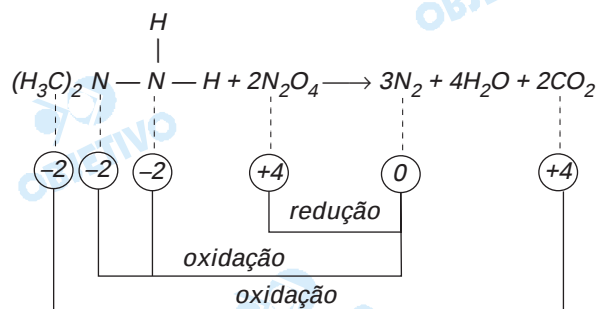
- Entre os reagentes, identifique o oxidante e o redutor. Justifique sua resposta, considerando os números de oxidação do carbono e do nitrogênio.
- Cite duas características da reação apresentada que tornam adequado o uso desses reagentes.
- Qual a pressão parcial do gás nitrogênio quando a pressão da mistura gasosa liberada se iguala à pressão na superfície da Lua? Mostre os cálculos.

Dados: número de oxidação do carbono na dimetil-hidrazina: - 2

pressão na superfície lunar: 3×10^{-10} Pa

Resolução

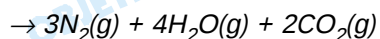
a)



Agente oxidante: N_2O_4

Agente redutor: $(\text{CH}_3)_2\text{N} - \text{NH}_2$

- b) • a decomposição deve ser rápida, pois ocorre pela simples mistura dos compostos.
 • a decomposição deve ser exotérmica.
 • há aumento de volume, pois os reagentes são líquidos e os produtos gasosos.



9 mols

$p_{\text{total}} \dots\dots\dots 9 \text{ mols} \dots\dots\dots 3 \cdot 10^{-10} \text{Pa}$

$p_{\text{N}_2} \dots\dots\dots 3 \text{ mols} \dots\dots\dots x$

$x = 1 \cdot 10^{-10} \text{Pa}$

Química

Mantendo a tradição, a prova de Química foi bem elaborada, apresentando questões originais e com um grau de dificuldade de médio para difícil. No entanto, foi uma prova cansativa devido ao enorme número de perguntas, pois cada questão subdividia-se em vários itens.

