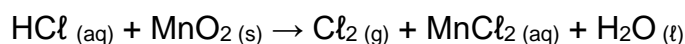




QUESTÕES ANALÍTICO EXPOSITIVAS

Questão 01. O gás cloro, também denominado de dicloro gasoso ($\text{Cl}_2(\text{g})$), pode ser obtido em escala industrial por meio de reações de eletrólise e em escala laboratorial via outras reações químicas. Uma destas reações laboratoriais, que utiliza substâncias contendo manganês, pode ser representada pela equação química não balanceada a seguir:



Em um recipiente são colocados para reagir 438 g de HCl com 278,4 g de MnO_2 para produzir Cl_2 , responda:

- Na reação qual o reagente limitante e se há excesso de algum reagente, quantos gramas restam sem reagir?
- Após a reação se completar quantos mols são formados de Cl_2 ?
- Quais os produtos formados se nos reagentes adicionarmos H_2O_2 ? Mostre a reação balanceada.
- De acordo com a configuração eletrônica dos íons Mn^{2+} e Mn^{3+} , isolados e em fase gasosa, diga qual dos íons apresenta maior estabilidade e se cada espécie é paramagnética ou diamagnética.

RESPOSTA ESPERADA

Alternativa (a)

A reação entre o ácido clorídrico (HCl) e o dióxido de manganês (MnO_2) para produzir cloro (Cl_2) e água (H_2O), pode ser representada pela seguinte equação química balanceada:



Primeiro, vamos calcular a quantidade de matéria (n° de mol) de cada reagente:

Massa molar do HCl = 36,5 g/mol

Massa molar do MnO_2 = 87,0 g/mol

Mol de HCl = 438 g / 36,5 g/mol = 12,0 mol

Mol de MnO_2 = 278,4 g / 87,0 g/mol = 3,2 mol

A proporção estequiométrica entre HCl e MnO_2 é de 4:1, portanto para cada 1 mol de MnO_2 , são necessários 4 mol de HCl.

Verificando o reagente limitante:

$4 \times 3,2$ mol, descobrir a quantidade de HCl necessário para reagir com MnO_2 = 12,8 mol de HCl

Como temos 12,0 mol de HCl, esse é o reagente limitante, reagindo por completo, e MnO_2 é o reagente em excesso, sobrando 0,2 mol (17,4 g).

Alternativa (b)

Para encontrar a quantidade de Cl_2 formada.

Como HCl é o reagente limitante, a proporção estequiométrica mostra que 4 mol de HCl produz 1 mol de Cl_2 , como temos 12,0 mol de HCl, temos que:

Mol de Cl_2 formados = 3,0 mol

Alternativa (c)

Reação com adição de H_2O_2 :

A adição de H_2O_2 pode levar à formação de oxigênio, enquanto o MnO_2 é reduzido a um estado de oxidação mais baixo. A reação balanceada envolvendo todos os reagentes seria:



Nesta reação:

O H_2O_2 está sendo decomposto para formar O_2 e H_2O .

O MnO_2 é reduzido, potencialmente a Mn^{2+} , enquanto oxida o Cl^- a Cl_2 e reduz o H_2O_2 .

Alternativa (d)

Configuração eletrônica:



Mn^{2+} tem uma configuração de $3d^5$, o que corresponde a uma configuração de meia-casca, conferindo estabilidade adicional devido ao emparelhamento de spins.

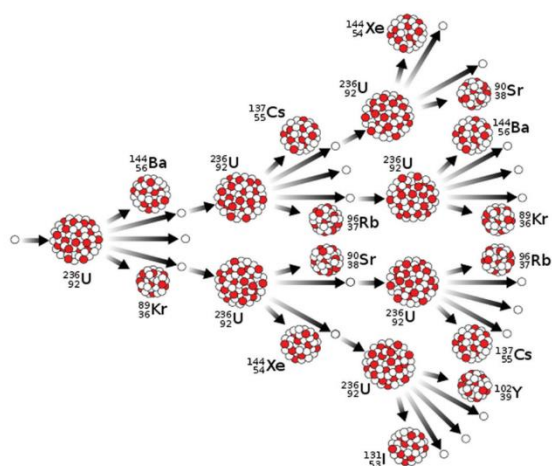


Mn^{3+} tem uma configuração de $3d^4$, menos estável devido ao desemparelhamento adicional de um elétron.

Mn^{2+} é mais estável que Mn^{3+} devido a sua configuração de meia-casca. Ambos são paramagnéticos:

Questão 02. O grande sucesso do filme “Oppenheimer” pode ser explicado pela conexão entre três fatores: alguns dos físicos mais proeminentes da 1ª metade do século XX aparecem no enredo, há o ápice do desenvolvimento da Física quântica e da física de partículas e o ambiente da corrida armamentista da segunda guerra. As tensões sobre a construção de um artefato nuclear pelos alemães mobilizaram os ‘aliados’ a convencer e reunir uma gama de cientistas a se envolverem neste processo, comprometendo inclusive algumas questões morais que só foram tratadas após o lançamento da bomba no Japão em 1945.

Fissão e Fusão nucleares são temas importantes do filme e o grande desafio é “controlar” de alguma forma a reação em cadeia e a grande quantidade de energia que vai ser liberada no processo. Urânio-235 e Plutônio-239 são os principais núcleos empregados na fissão, enquanto os isótopos do hidrogênio (prótio, deutério e trítio) são os utilizados na fusão.



CREATIVE COMMONS, Licença Attribution-Share Alike 4.0 (BY-SA 4.0).

Disponível em: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.en>.
Acesso em 21/06/2023.

Sobre os temas desenvolvidos no texto, responda os itens a seguir:

a) Apresente a diferença entre os conceitos de fissão e fusão nucleares.

- b) Escreva a equação de fissão do urânio-235 ao ser atingido por um nêutron lento, formando os isótopos do bário-139 e kriptônio-94 e mais três nêutrons.
- c) Escreva a equação de fusão entre os núcleos de deutério e trítio, formando hélio-4 e um nêutron.
- d) A partir da fissão nuclear do Urânio-235 são formados vários nucleotídeos radioativos. Em 1945, 2,8kg de Urânio-235 foi disperso na atmosfera, onde foi gerado uma massa proporcional de 60% do isótopo Césio-137, isótopo esse que decai por emissão de partículas beta, com meia-vida de 30 anos. Escreva a equação de decaimento do césio-137, e calcule a massa deste isótopo que restará no ano de 2035.

Respostas Esperadas

Alternativa (a)

- A fissão nuclear é o processo pelo qual o núcleo de um átomo pesado, ao capturar um nêutron, torna-se instável e se divide em dois ou mais núcleos menores, liberando uma quantidade significativa de energia, mais nêutrons e outros produtos radioativos. Este processo é utilizado em reatores nucleares e bombas atômicas.

Simplificadamente: **Fissão é a quebra de um núcleo volumoso em núcleos menores com liberação de energia.**

- A fusão nuclear ocorre quando dois núcleos atômicos leves se combinam para formar um núcleo mais pesado. Esse processo também libera uma grande quantidade de energia, mas, diferentemente da fissão, a fusão requer condições extremas de alta temperatura e pressão para superar as forças eletrostáticas de repulsão entre os núcleos. A fusão é a fonte de energia do Sol e outras estrelas e é estudada como potencial fonte de energia limpa e abundante na Terra.

Simplificadamente: **Fusão é a formação de um núcleo maior a partir de núcleos pequenos com liberação de energia.**

Alternativa (b)

Equação de fissão do urânio-235:



Alternativa (c)

Equação de fusão entre deutério e trítio:



Alternativa (d)

Equação de decaimento do césio-137:



Neste processo, o césio-137 decai para bário-137 estável, emitindo uma partícula beta (elétron) e um antineutrino eletrônico.

OBS. CONSIDERAR A QUESTÃO CERTA, CASO, NÃO SE FAÇA REFERRÊNCIA AO NEUTRINO (ν_e).

Para calcular a massa de Césio-137 formados a partir do Urânio-235 é calculado a partir das massas atômicas e massa inicial de U, logo:

235 g de U ----- 137 g de Cs
2,8 Kg de U ----- X

X = 1,63 g de Cs-137

100% ----- 1,63 g de Cs-137
60% ----- X

X = 0,978 g de Cs-137

Para calcular a massa de césio-137 remanescente em 2035, utilizamos a equação da meia-vida:

$$m_{\text{final}} = m_{\text{inicial}} \times \left(\frac{1}{2}\right)^{(t/T)}$$

onde:

$m_{\text{inicial}} = 0,978 \text{ kg}$

t (tempo decorrido) = 2035 – 1945 = 90 anos

T (meia-vida do isótopo) = 30 anos

aplicando a fórmula, teremos:

$$m_{\text{final}} = 0,978 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{90/30} \Rightarrow m_{\text{final}} = 0,978 \times \left(\frac{1}{2}\right)^3 \Rightarrow m_{\text{final}} = 0,978 \times \frac{1}{8} \Rightarrow m_{\text{final}} = 0,122 \text{ Kg}$$

Outra forma para resolver o problema:

Passo 1: Entendendo a meia-vida

A meia-vida de um isótopo radioativo é o tempo necessário para que metade da quantidade inicial do isótopo decaia. Para o césio-137, a meia-vida é de 30 anos. Isso significa que a cada 30 anos, a massa do isótopo restante é reduzida à metade.

Passo 2: Calculando o número de meia-vidas entre 1945 e 2035

Ano inicial: 1945

Ano final: 2035

Intervalo de tempo: 2035 - 1945 = 90 anos

Agora, dividimos o intervalo total de tempo pelo período de meia-vida do césio-137:

Número de meia-vidas: 90 anos / 30 anos por meia-vida = 3 meia-vidas

Passo 3: Aplicando a regra das meia-vidas

Se cada meia-vida reduz a massa restante à metade, após uma meia-vida, a massa seria reduzida a 50% da original. Após duas meia-vidas, seria 25% da original, e após três meia-vidas, seria 12,5% da original, e assim sucessivamente.

Aqui está como isso se aplica:

Após a primeira meia-vida (1975): $0,978 \text{ kg} / 2 = 0,489 \text{ kg}$

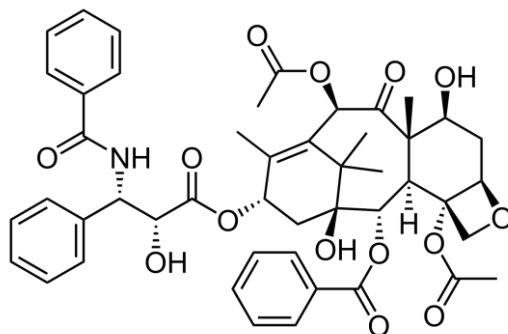
Após a segunda meia-vida (2005): $0,489 \text{ kg} / 2 = 0,244 \text{ kg}$

Após a terceira meia-vida (2035): $0,244 \text{ kg} / 2 = 0,122 \text{ kg}$

Portanto, aproximadamente 0,122 kg de césio-137 permanecerão em 2035.

Questão 03. O Taxol é um produto natural da classe dos terpenos, isolado pela primeira vez do Teixo do Pacífico (*Taxus brevifolia*). Sua potente atividade anti-carcinogênica fez dele uma droga

muito útil no tratamento do câncer de ovário, mama, sarcoma de Kaposi, pulmão, cérebro e garganta. Entretanto a sua concentração no Teixo é de apenas 40 a 165 mg/kg, sendo necessária a derrubada de 3.000 árvores para produzir 1,0 kg do medicamento. Seu alto potencial como medicamento levou a mais de 30 grupos de pesquisa a desenvolver rotas sintéticas e semissintéticas, sendo atualmente comercializado com o nome de Paclitaxel®. Com base em sua estrutura mostrada abaixo, responda as perguntas a seguir:

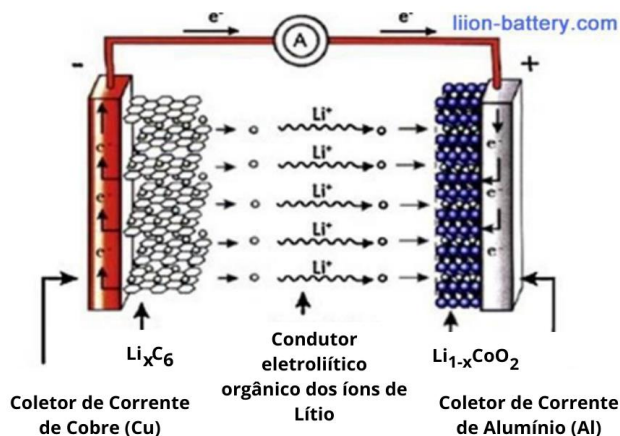


- Qual a fórmula molecular do Taxol?
- Quais grupos funcionais estão presentes na estrutura do Taxol?
- O Taxol possui múltiplos centros de quiralidade, quantos podem ser identificados em sua estrutura? É qual o número de isômeros possíveis?
- Quantas unidades isoprenóides, derivados do isopentenil (5C), dão origem à estrutura principal (macrocíclico) do Taxol?

Respostas Esperadas:

- $C_{47}H_{51}NO_{14}$
- Amida, Álcool, Éster, Éter e Cetona
- 11; 2048
- 4

Questão 04: A introdução das baterias de íon de lítio pela Sony em 1991 marcou um ponto de virada no desenvolvimento de dispositivos eletrônicos portáteis e veículos elétricos, graças à sua alta densidade energética e capacidade de recarga. Em uma célula típica de íon de lítio, o ânodo é composto de grafite, enquanto o cátodo é feito de óxido de cobalto-lítio ($LiCoO_2$), tendo como condutor eletrolítico um composto orgânico, como propileno carbonato (PC). Durante a descarga, íons de lítio movem-se do ânodo para o cátodo, uma reação reversível que é fundamental para o funcionamento da bateria.



Fonte: Imagem adaptada de <http://pt.liion-battery.com/info/what-is-the-role-of-lithium-ion-battery-electr-64717900.html>

Potencial padrão de redução (grafite/ Li_xC_6): $6C_{(s)} + Li^+_{(PC)} + e^- \rightarrow LiC_6_{(s)}$ $E^\circ = -0,90\text{ V}$

Potencial padrão de redução ($LiCoO_2/CoO_2$): $Li^+_{(PC)} + CoO_2_{(s)} + e^- \rightarrow LiCoO_2_{(s)}$ $E^\circ = 2,80\text{ V}$

Temperatura padrão da célula: 32°C (305 K)

Eletronegatividade: Lítio: 0,80; Cobalto: 1,88; Oxigênio: 3,44.

Adote o valor de 0,06 para relação de R, T, F e conversão \ln em \log na Equação de Nernst.

De posse das informações acima, responda às questões propostas:

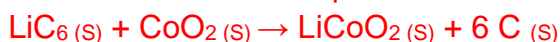
- Escreva a equação global da célula de bateria de íon de lítio durante a descarga indicando quais as reações que ocorrem no cátodo e no ânodo.
- Quais os tipos de ligações previstas no composto LiCoO_2 ?
- Calcule o potencial padrão de célula ($E^\circ_{\text{célula}}$) baseado nas semi-reações fornecidas.
- Aplicando a equação de Nernst, calcule o potencial da célula (E) quando a concentração de íons lítio no cátodo é de $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e no ânodo é de $0,1 \text{ mol L}^{-1}$.

Respostas Esperadas:

a) Equação Global e Semi-Reações:

- Ânodo, Pólo Negativo, Sofre Oxidação, perde elétrons, Menor E°_{red} .
 $\text{LiC}_6(\text{s}) \rightarrow 6 \text{ C}(\text{s}) + \text{Li}^+(\text{PC}) + \text{e}^- \quad E^\circ_{\text{red}} = -0,90 \text{ V}$
- Cátodo, Pólo Positivo, Sofre Redução, recebe elétrons, Maior E°_{red} .
 $\text{Li}^+(\text{PC}) + \text{CoO}_2(\text{s}) + \text{e}^- \rightarrow \text{LiCoO}_2(\text{s}) \quad E^\circ_{\text{red}} = 2,80 \text{ V}$

A equação global da célula durante a descarga combina as semi-reações fornecidas e representa o fluxo de íons lítio do ânodo para o cátodo:



b) Os valores de eletronegatividade indicam que no composto LiCoO_2 ,

- O lítio (Li) apresenta ligação iônica, pela diferença de eletronegatividade com o Oxigênio (O).
- O Cobalto (Co) e o Oxigênio (O), teriam ligação com caráter covalente polar, pois a diferença de eletronegatividade é menor que 1,7; valor mínimo para que a ligação seja iônica.

c) Cálculo do Potencial Padrão de Célula (E°)

Para calcular o potencial padrão da célula ($E^\circ_{\text{célula}}$), utilizamos a diferença entre os potenciais padrão de redução do cátodo e do ânodo. Assim, a diferença correta seria:

$$E^\circ_{\text{célula}} = 2,8 - (-0,9) = 3,7 \text{ V}$$

d) Aplicando a Equação de Nernst

Equação de Nernst:

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln \frac{\text{cátodo}}{\text{ânodo}}$$

Para as condições padrões, temperatura (25 °C) e pressão (1atm), temos que $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$, $T = 298 \text{ K}$, $F = 96485 \text{ Coulombs mol}^{-1}$, e o fator de 2,303 para converter \ln em \log na base 10, temos:

$$E = E^\circ - \frac{0,0592}{n} \log \frac{\text{cátodo}}{\text{ânodo}}$$

Como foi solicitado para adotar 0,060 visto a temperatura ser diferente de 25 °C, e substituindo pelos valores apresentados na questão, teríamos:

$$E = 3,7 - \frac{0,060}{1} \log \frac{1,0}{0,1} \Rightarrow E = 3,7 - 0,060 \times \log 10 \Rightarrow E = 3,7 - 0,06 \Rightarrow E = 3,64 \text{ V}$$

Questão 05: A acidificação de corpos d'água é um fenômeno crescente, preocupante por suas implicações na vida aquática e nos ecossistemas adjacentes. Uma das causas da acidificação é o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO_2) atmosférico, que se dissolve na água formando ácido carbônico (H_2CO_3), que por sua vez pode se dissociar, liberando íons hidrogênio (H^+) e bicarbonato (HCO_3^-), conforme as seguintes equações de equilíbrio:

1. $\text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(aq)}$
2. $\text{CO}_{2(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_{3(aq)}$
3. $\text{H}_2\text{CO}_{3(aq)} \rightleftharpoons \text{H}^+_{(aq)} + \text{HCO}_3^-_{(aq)}$

Considere um lago onde a concentração de CO_2 atmosférico dissolvido atinge o equilíbrio com a concentração de $0,034 \text{ mol/L}$ de $\text{CO}_{2(aq)}$. A constante de equilíbrio K_1 para a reação (2) é $1,7 \times 10^{-3}$, e a constante de equilíbrio K_2 para a reação (3) é $4,4 \times 10^{-7}$.

Com base nas informações acima, responda:

- a) Calcule a concentração de H_2CO_3 no equilíbrio, assumindo que inicialmente não há ácido carbônico no lago.
- b) Utilizando a concentração de H_2CO_3 calculada no item anterior, determine a concentração de íons H^+ e HCO_3^- no equilíbrio (3).
- c) Com base nas concentrações de íons H^+ encontrados, calcule o pH da água do lago.
- d) Discuta como o aumento da concentração de CO_2 atmosférico pode influenciar o pH da água do lago e, conseqüentemente, impactar a vida aquática.

OBS.: SE POR ALGUM MOTIVO VOCÊ NÃO CONSEGUIU RESOLVER O ITEM A) ADMITA UMA CONCENTRAÇÃO DE H_2CO_3 DE $5,0 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ PARA RESOLVER OS DEMAIS ITENS.

Respostas Esperadas:

a) Calculando a concentração de H_2CO_3 no equilíbrio (2)

Dado que a constante de equilíbrio $K_1 = 1,7 \times 10^{-3}$ para a reação:



Podemos usar a expressão da constante de equilíbrio $K_1 = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2]}$ para encontrar a concentração de H_2CO_3 .

Substituindo K_1 e a concentração de $\text{CO}_{2(aq)}$ dada como $0,034 \text{ mol/L}$, e colocando $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ em evidência, teremos:

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = 1,7 \times 10^{-3} \times 0,034 = 5,78 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

b) Determinando as concentrações de H^+ e HCO_3^- no equilíbrio (3)

Dado que a constante de equilíbrio $K_2 = 4,4 \times 10^{-7}$ para a reação, teremos: $K_2 = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$.

Substituindo o valor da $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ calculado no item a) e assumindo que $[\text{H}^+]$ é igual a $[\text{HCO}_3^-]$, visto que cada molécula de H_2CO_3 que se dissocia forma-se 1 mol de H^+ e 1 mol de HCO_3^- , temos:

$$4,4 \times 10^{-7} = \frac{[H^+] \times [H^+]}{5,78 \times 10^{-5}}$$

Resolvendo:

$$[H^+]^2 = 4,4 \times 10^{-7} \times 5,78 \times 10^{-5}$$

$$[H^+] = \sqrt{2,54 \times 10^{-11}}$$

$$[H^+] \approx 1,59 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \quad \text{ERRADO}$$

$$[H^+] \approx 5,04 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \quad \text{CORRETO}$$

c) Calculando o pH da água do lago

O pH é calculado usando a fórmula:

$$pH = -\log [H^+]$$

Substituindo o valor de $[H^+]$:

$$pH = -\log (1,59 \times 10^{-6})$$

$$pH \approx 5,8$$

ERRADO

$$pH = -\log (5,04 \times 10^{-6})$$

$$pH \approx 5,30$$

CORRETO

d) Discussão sobre o impacto do aumento de CO_2 no pH e na vida aquática

O aumento da concentração de CO_2 atmosférico leva a um maior volume de CO_2 dissolvido na água, formando mais H_2CO_3 , que, por sua vez, se dissocia em mais íons H^+ e HCO_3^- . Este processo reduz o pH da água, tornando-a mais ácida. A acidificação dos corpos d'água pode afetar adversamente a vida aquática, alterando a biodisponibilidade de nutrientes e metais tóxicos, além de interferir em processos fisiológicos vitais dos organismos aquáticos, como a respiração e a reprodução, além de promover o branqueamento do coral.

RESPOSTA ALTERNATIVA

PARA OS ALUNOS QUE NÃO RESPONDERAM A ALTERNATIVA "A" É USARAM O VALOR DE $5,0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ PARA RESOLVER OS ITENS "B" e "C".

b) Determinando as concentrações de H^+ e HCO_3^- no equilíbrio (3)

Dado que a constante de equilíbrio $K_2 = 4,4 \times 10^{-7}$ para a reação, teremos: $K_2 = \frac{[H^+] \times [HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$.

Substituindo o valor da $[H_2CO_3]$ calculado no item a) e assumindo que $[H^+]$ é igual a $[HCO_3^-]$, visto que cada molécula de H_2CO_3 que se dissocia forma-se 1 mol de H^+ e 1 mol de HCO_3^- , temos:

$$4,4 \times 10^{-7} = \frac{[H^+] \times [H^+]}{5,00 \times 10^{-5}}$$

Resolvendo:

$$[H^+]^2 = 4,4 \times 10^{-7} \times 5,00 \times 10^{-5}$$

$$[H^+] = \sqrt{2,2 \times 10^{-11}}$$

$$[H^+] \approx 4,69 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

c) Calculando o pH da água do lago O pH é calculado usando a fórmula:

$$pH = - \log [H^+]$$

Substituindo o valor de $[H^+]$:

$$pH = - \log (4,69 \times 10^{-6})$$

$$pH \approx 5,33$$