

Bernoulli Resolve

6V | Volume 6 | Química

SUMÁRIO

Frente	A	Módulo A 21: Constantes de Equilíbrio	3
		Módulo A 22: Equilíbrio Iônico	8
		Módulo A 23: Solução-Tampão e Hidrólise Salina	13
		Módulo A 24: Equilíbrio de Solubilidade	17
Frente	B	Módulo B 21: Pilhas	20
		Módulo B 22: Eletrólises e Leis de Faraday	25
		Módulo B 23: Propriedades Coligativas	30
		Módulo B 24: Coloides	37
Frente	C	Módulo C 21: Biomoléculas: Carboidratos e Proteínas	39
		Módulo C 22: Biomoléculas: Ácidos Nucleicos e Lipídios	42
		Módulo C 23: Química Ambiental I	46
		Módulo C 24: Química Ambiental II	51

COMENTÁRIO E RESOLUÇÃO DE QUESTÕES

MÓDULO – A 21

Constantes de Equilíbrio

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra D

Comentário: A constante de equilíbrio do processo é expressa por:

$$K_c = \frac{[\text{Glicose}]}{[\text{Frutose}]}$$

Portanto,

$$K_c = \frac{12}{10} = 1,2$$

Questão 02

Comentário:

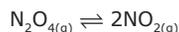
A) O valor da constante de equilíbrio da reação é obtido substituindo a concentração das substâncias na expressão de K_c . Logo,

$$K_c = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^2} = \frac{[0,145]}{[1] \cdot [0,1]^2} = 14,5.$$

B) De acordo com o princípio de Le Châtelier, um aumento na pressão do sistema provoca o deslocamento da reação no sentido de formação de menor volume molar. Nesse caso, o equilíbrio será deslocado no sentido de formação dos produtos.

Questão 03 – Letra D

Comentário: A equação balanceada que representa o processo de conversão do tetróxido de nitrogênio em dióxido de nitrogênio é:



Assim, para o cálculo de K_p devem-se considerar as pressões parciais dos dois gases no equilíbrio e a seguinte equação:

$$K_p = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

$$K_p = (1,8)^2 / 1,4$$

$$K_p = 2,31 \text{ atm}$$

Questão 04

Comentário:

A) A expressão da constante de equilíbrio para um sistema gasoso (K_p) é obtida pela razão entre as pressões parciais dos produtos e dos reagentes, elevadas aos seus respectivos coeficientes estequiométricos.

$$K_p = \frac{p_{\text{CO}} \cdot (p_{\text{H}_2})^3}{p_{\text{CH}_4} \cdot p_{\text{H}_2\text{O}}}$$

B) Substituindo-se os valores na expressão da constante de equilíbrio, tem-se:

$$0,20 = \frac{p_{\text{CO}} \cdot (0,30)^3}{(0,40) \cdot (0,40)}$$

$$p_{\text{CO}} = 1,185 \text{ atm}$$

Questão 05 – Letra D

Comentário: Para o cálculo da constante de equilíbrio, é necessário considerar as concentrações de reagentes e produtos depois que o sistema químico atingiu o equilíbrio. Para isso temos:



	[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	[C] (mol/L)	[D] (mol/L)
Início	0,5	0,5	0	0
Reagiu	0,25	0,25	0,5	0,25
Equilíbrio	0,25	0,25	0,5	0,25

Assim, o cálculo da constante de equilíbrio pode ser feito da seguinte forma:

$$K = \frac{[\text{C}]^2 \cdot [\text{D}]}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]}$$

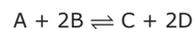
$$K = 0,5^2 \cdot 0,25 / 0,25 \cdot 0,25$$

$$K = 0,25 / 0,25$$

$$K = 1$$

Questão 06 – Letra D

Comentário: O cálculo da constante deve ser feito utilizando as concentrações das espécies no estado de equilíbrio. Assim, é possível confeccionar uma tabela com as concentrações iniciais e as finais seguindo a estequiometria da reação:



	[A] (mol/L)	[B] (mol/L)	[C] (mol/L)	[D] (mol/L)
Início	1	1	0	0
Reagiu	0,25	0,5	0,25	0,5
Equilíbrio	0,75	0,5	0,25	0,5

Para o cálculo da constante de equilíbrio temos:

$$K = \frac{[\text{C}] \cdot [\text{D}]^2}{[\text{A}] \cdot [\text{B}]^2}$$

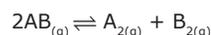
$$K = 0,25 \cdot 0,5^2 / 0,75 \cdot 0,5^2$$

$$K = 0,25 / 0,75$$

$$K = 1/3$$

Questão 07 – Letra C

Comentário: A equação química balanceada do equilíbrio descrito no enunciado dessa questão está representada a seguir:



A evolução dessa reação pode ser descrita pelo quadro a seguir:

	$2AB_{(g)} \rightleftharpoons A_{2(g)} + B_{2(g)}$		
Início	1,2 mol	0	0
Consumiu / Formou	0,90 mol	0,45 mol	0,45 mol
Equilíbrio	0,30 mol	0,45 mol	0,45 mol

A partir da quantidade do reagente que foi consumida, calcula-se o grau de dissociação de AB.

$$1,2 \text{ mol de AB (quantidade inicial de reagente)} \longrightarrow 100\%$$

$$0,9 \text{ mol de AB (quantidade consumida)} \longrightarrow x$$

$$x = 75\%$$

Questão 08 – Letra B

Comentário: O enunciado do problema nos fornece o valor de $K_p = 55,3$. Dessa forma, devemos calcular o valor de Q_p , (à mesma temperatura) para compararmos os dois valores.

$$Q_p = \frac{(P_{HI})^2}{(P_{H_2}) \cdot (P_{I_2})} = \frac{(0,7)^2}{(0,02) \cdot (0,02)} = \frac{0,49}{0,0004} = 1\,225$$

Como $Q_p > K_p$, o equilíbrio será deslocado no sentido inverso, de modo a reduzir o valor de Q_p , até que este retorne ao valor de K_p , de acordo com o previsto pelo princípio de Le Châtelier.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra D

Comentário: A equação química que representa o processo de síntese da amônia é $N_{2(g)} + 3 H_{2(g)} \rightarrow 2 NH_{3(g)}$, e sua constante de equilíbrio é a seguinte:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3}$$

Substituindo os valores de concentração do N_2 , H_2 e da constante de equilíbrio na expressão anterior, temos:

$$6,125 \cdot 10^4 = \frac{[NH_3]^2}{[1 \cdot 10^{-12}] \cdot [2 \cdot 10^{-8}]^3}$$

$$[NH_3]^2 = 6,125 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^{-36}$$

$$[NH_3]^2 = 4,9 \cdot 10^{-31}$$

$$[NH_3] = 7 \cdot 10^{-16}$$

Questão 02 – Letra D

Comentário: A constante de equilíbrio dessa reação é representada por:

$$K_c = [CO]^2/[CO_2]$$

Substituindo os valores das concentrações de CO_2 e de CO presentes no equilíbrio a $950 \text{ }^\circ\text{C}$, encontra-se o valor para a constante de equilíbrio.

$$K_c = [9,87]^2/[0,13]$$

$$K_c \cong 7,5 \cdot 10^2$$

A partir dos dados apresentados na tabela, observa-se que há um aumento da concentração de CO . Assim, pode-se afirmar que a reação é endotérmica no sentido de produção de CO .

Questão 03 – Letra C

Comentário: A equação química balanceada do processo de fotossíntese é $6H_2O_{(l)} + 6CO_{2(g)} \rightleftharpoons C_6H_{12}O_{(aq)} + 6O_{2(g)}$.

A partir da leitura do gráfico e das proporções estequiométricas da equação balanceada, podemos concluir que as concentrações das substâncias no estado de equilíbrio são: $[CO_2] = 2 \text{ mol/L}$, $[C_6H_{12}O] = 1 \text{ mol/L}$ e $[O_2] = 3 \text{ mol/L}$. Logo, a constante de equilíbrio para essa reação é expressa por:

$$K_c = \frac{[C_6H_{12}O]^1 \cdot [O_2]^6}{[CO_2]^6} = \frac{1^1 \cdot 3^6}{2^6} = 11,39$$

Lembrando que a água, por estar no estado líquido, não participa do cálculo de K_c .

Questão 04 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, devemos transformar as quantidades em gramas dos gases presentes no volume de 500 mL para a unidade de concentração mol/L. A massa molar dos gases são $NO = 30 \text{ g/mol}$, $O = 16 \text{ g/mol}$ e $NO_2 = 46 \text{ g/mol}$, e relacionando com a quantidade de cada um no equilíbrio temos;

$$NO = \frac{m}{M} = \frac{1,5 \text{ g}}{30 \text{ g/mol}} = 0,05 \text{ mol}$$

$$O_2 = \frac{m}{M} = \frac{3,2 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} = 0,1 \text{ mol}$$

$$NO_2 = \frac{m}{M} = \frac{2,3 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} = 0,05 \text{ mol}$$

As concentração para um volume de 1L, são:

$$[NO] = \frac{n}{V} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5L} = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$[O_2] = \frac{n}{V} = \frac{0,1 \text{ mol}}{0,5L} = 0,2 \text{ mol/L}$$

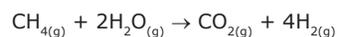
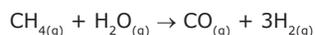
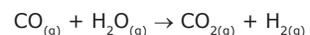
$$[NO_2] = \frac{n}{V} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5L} = 0,1 \text{ mol/L}$$

Substituindo os valores das concentrações de cada gás na expressão da constante de equilíbrio, temos que K_c vale 5.

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 \cdot [O_2]} = \frac{[0,1]^2}{[0,1]^2 \cdot [0,2]} = 5$$

Questão 05 – Letra B

Comentário: A reação global $CH_{4(g)} + 2H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 4H_{2(g)}$ é igual à soma das duas equações:



Logo, a constante de equilíbrio da reação global é igual ao produto das constantes de equilíbrio das outras equações:

$$K_{eq} = K_1 \cdot K_2$$

$$K_{eq} = 0,23 \cdot 0,20$$

$$K_{eq} = 0,046$$

Questão 06 – Letra D

Comentário: As expressões das constantes de equilíbrio para as reações são:

$$K_{eq_1} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3} = 10^{-4}$$

$$K_{eq_2} = \frac{[HI]^2}{[H_2] \cdot [I_2]} = 54$$

A expressão da constante de equilíbrio da terceira reação é:

$$K_{eq_3} = \frac{[HI]^6 \cdot [N_2]}{[NH_3]^2 \cdot [I_2]^3}$$

Para determinar o valor de K_{eq_3} , basta manipular as equações e outras equações do seguinte modo:

$$[NH_3]^2 = K_{eq_1} \cdot [N_2] \cdot [H_2]^3$$

$$[NH_3]^2 = 10^{-4} \cdot [N_2] \cdot [H_2]^3$$

$$[HI]^6 = [I_2]^3 \cdot [H_2]^3 \cdot K_{eq_2}$$

$$[HI]^6 = [I_2]^3 \cdot [H_2]^3 \cdot 54$$

Logo,

$$K_{eq_3} = \frac{\{[I_2]^3 \cdot [H_2]^3 \cdot 54\} \cdot [N_2]}{\{10^{-4} \cdot [N_2] \cdot [H_2]^3\} \cdot [I_2]^3}$$

$$K_{eq_3} = \frac{54}{10^{-4}}$$

$$K_{eq_3} = 5,4 \cdot 10^5$$

Questão 07 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

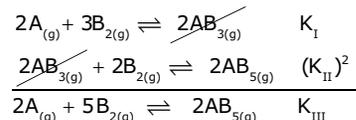
- A) Correta. O aumento da temperatura do sistema reacional desloca o equilíbrio no sentido endotérmico da reação. Como a reação no sentido direto é endotérmica, a constante de equilíbrio aumentará. É importante destacar que a temperatura é o único fator capaz de alterar o valor da constante de equilíbrio.
- B) Incorreta. Se a temperatura for diminuída, o equilíbrio será deslocado no sentido exotérmico da reação. Como a reação no sentido direto é endotérmica, a redução da temperatura provocará o aumento da concentração dos reagentes e a diminuição da concentração dos produtos, o que resultará na diminuição do valor da constante de equilíbrio.
- C) Incorreta. A adição de um catalisador promove a redução na energia de ativação (ΔE_{at}) das reações direta e inversa, aumentando igualmente suas velocidades e, portanto, não deslocando o estado de equilíbrio químico.
- D) Incorreta. Apesar de utilizarmos as concentrações molares de reagentes e produtos para calcularmos o valor de K_c , este não depende dessas concentrações. Já a redução da concentração de produtos desloca o equilíbrio no sentido da formação dessas espécies químicas e, no novo estado de equilíbrio, a razão K_c sempre será constante.

Questão 08 – Letra C

Comentário: A equação III é igual à soma da reação I e da reação II multiplicada por 2, conforme descrito a seguir:



O valor de K_I é mantido, pois a equação não foi alterada, enquanto o valor de K_{II} é elevado ao quadrado, uma vez que a equação foi multiplicada por dois. Logo, a constante de equilíbrio K_{III} é obtida pela relação entre K_I e K_{II} .



Logo, a constante de equilíbrio K_{III} é igual a $K_{III} = K_I \cdot (K_{II})^2$.

Questão 09 – Letra B

Comentário: A constante de equilíbrio para a reação é

$$K_{eq} = \frac{[[Fe(H_2O)_5OH]^{2+}] \cdot [H^+]}{[[Fe(H_2O)_6]^{3+}]}$$

Para determinar a concentração de cada espécie no equilíbrio deve-se elaborar uma tabela de equilíbrio químico, observando os coeficientes estequiométricos da reação:

$[Fe(H_2O)_6]^{3+}$	$[Fe(H_2O)_5OH]^{2+}$	$[H^+]$	
1 mol/L	0	0	(início)
-0,05 mol/L	+0,05 mol/L	+0,05 mol/L	(durante)
$\frac{(1-0,05)}{0,95}$ mol/L	+0,05 mol/L	+0,05 mol/L	(equilíbrio)

Determinado os valores das espécies no equilíbrio, basta substituir na expressão de K_{eq} :

$$K_{eq} = \frac{0,05 \cdot 0,05}{0,95} = 2,6 \cdot 10^{-3}$$

O valor mais aproximado é o descrito na alternativa B.

Questão 10 – Letra E

Comentário: A evolução dessa reação pode ser descrita da seguinte maneira:

	$CH_3CH_2CH_2CH_3(g) \rightleftharpoons (CH_3)_2CHCH_3(g)$	
Início	1,2 mol (70 g)	0
Consumiu / Formou	x	x
Equilíbrio	1,2 - x	x

A constante de equilíbrio referente à isomerização catalítica é representada por:

$$K_c = \frac{[(CH_3)_2CHCH_3]}{[CH_3CH_2CH_2CH_3]}$$

Como o valor da constante de equilíbrio é conhecido, é possível descobrir a quantidade de n-butano que foi convertida em isobutano.

Assim, temos:

$$2,5 = \frac{x}{1,2 - x}$$

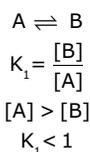
$$x = 0,86 \text{ mol de n-butano}$$

$$0,86 \text{ mol} \cdot 58 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cong 50 \text{ g}$$

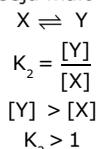
Questão 11

Comentário: Segue a resolução de cada alternativa:

- A) Considerando a concentração das substâncias após o equilíbrio químico, temos que no sistema 1 a concentração de A é maior que a concentração de B e, portanto, o valor da constante de equilíbrio é menor que 1 conforme descrito a seguir:



No sistema 2, a concentração do produto Y é maior que a concentração do reagente X, fazendo com que o valor da constante de equilíbrio seja maior que 1:



Logo, $K_2 > K_1$ e o sistema 2 apresenta maior valor de constante de equilíbrio.

- B) Primeiro, deve-se determinar a concentração em mol/L da substância A presente no recipiente. A quantidade de matéria é igual a 0,3 mol em um volume de 5 L:

$$[A] = \frac{n_A}{V} = \frac{0,3 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0,06 \text{ mol/L}$$

Para determinar as quantidades de A e B no equilíbrio, devemos elaborar a seguinte tabela:

A	\rightleftharpoons	B	
0,06 mol/L		0 mol/L	(início)
0,012 mol/L		0,012 mol/L	(durante)
0,048 mol/L		0,012 mol/L	(equilíbrio)

De acordo com o enunciado da questão, 20% de A foi convertido em B, ou seja, 0,012 mol/L. Portanto, apenas essa quantidade de A participou da reação. O valor da constante de equilíbrio para esse sistema é:

$$K_1 = \frac{[B]}{[A]} = \frac{0,012}{0,048}$$

$$K_1 = 0,25$$

Questão 12 – Letra B

Comentário: Para o cálculo da constante de equilíbrio, é necessário considerar as concentrações de reagentes e produtos no equilíbrio. Dessa forma, os fatores que afetam as velocidades da reação inversa e direta, como alterações na superfície de contato, pressão parcial ou concentração de espécies, não podem interferir no valor da constante.

Perturbações desse tipo alteram o estado de equilíbrio, de forma que o sistema reagirá para atingir uma nova condição de equilíbrio. Nesses casos, observa-se que o valor se mantém e que somente alterações na temperatura e nos coeficientes estequiométricos da reação química podem alterar efetivamente o valor da constante.

Questão 13

Comentário:

- A) A constante de equilíbrio da reação é $K_c = \frac{[P]}{[R]}$.

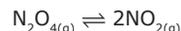
Um maior valor de K_c indica que no equilíbrio a $[P] > [R]$, e um baixo valor de K_c indica que no equilíbrio a $[P] < [R]$. Como a constante de equilíbrio diminui com o aumento da temperatura, podemos concluir que, a formação do produto não é favorecida. Portanto, a reação direta trata-se de um processo exotérmico.

- B) A interação entre o átomo de H do álcool e o átomo de S do ânion é considerada forte porque é estabelecida uma interação do tipo íon-dipolo. O átomo de H na ligação O—H apresenta carga parcialmente positiva, sendo atraído pelos elétrons não ligantes do átomo de S.

Questão 14

Comentário:

- A) O equilíbrio entre os gases N_2O_4 e NO_2 pode ser representado pela seguinte equação:



Inicialmente, foram misturados 4,0 mol de N_2O_4 e 2,0 mol de NO_2 .

Calculando-se o quociente reacional no instante inicial, tem-se:

$$Q_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(2,0)^2}{4,0}$$

$$Q_c = 1$$

Como $Q_c < K_c$, conclui-se que o processo será favorecido no sentido direto, levando a uma maior concentração de NO_2 , até que o equilíbrio seja estabelecido.

- B) Cálculo das concentrações de NO_2 e de N_2O_4 no equilíbrio:

	$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$	
Início	4 mol	2 mol
Consumiu / Formou	x	2x
Equilíbrio	4 - x	2 + 2x

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{[n(NO_2)/V]^2}{[n(N_2O_4)/V]} = \frac{(2 + 2x)^2}{4 - x} = 40$$

$$x^2 + 12x - 39 = 0$$

$$x = 2,65$$

$$[NO_2] = 2 + 2x = 7,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[N_2O_4] = 4 - x = 1,35 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Questão 15 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. A temperatura é o único fator capaz de alterar o valor das constantes de equilíbrio.
- B) Incorreta. A reação direta é exotérmica, logo o aumento de temperatura favorecerá o sentido de formação dos reagentes. Portanto, no novo estado de equilíbrio, as concentrações dos reagentes serão maiores e a concentração do produto, NH_3 , será menor do que no equilíbrio original.
- C) Incorreta. O ponto de interseção corresponde a uma temperatura em que a porcentagem de NH_3 é igual à porcentagem dos reagentes ($\text{N}_2 + \text{H}_2$), o que não implica em uma constante de equilíbrio unitária, visto que o valor da constante é calculado pela seguinte equação:

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3 \cdot [\text{N}_2]}$$

Para que esse quociente seja igual a uma unidade, o quadrado da concentração de amônia no equilíbrio deve ser igual ao produto da concentração de nitrogênio pelo cubo da concentração de hidrogênio.

- D) Incorreta. O estado de equilíbrio é alcançado mais rapidamente com a adição de catalisador. Porém, o catalisador não aumenta o rendimento estequiométrico do processo.
- E) Incorreta. A análise do gráfico mostra que a porcentagem de NH_3 é de aproximadamente 100%.

Questão 16 – Letra B

Comentário: Analisando cada uma das alternativas, temos:

- A) Incorreta. Reação completa é aquela em que todo o reagente é convertido em produto. Pela análise do gráfico, a reação descrita não é completa porque no estado de equilíbrio químico há 0,1 mol de reagente R.
- B) Correta. Após atingir o equilíbrio químico, a concentração do reagente R é 0,1 mol.L⁻¹ e a concentração do produto P é 0,4 mol.L⁻¹. Substituindo os valores na expressão da constante de equilíbrio da reação, temos que:

$$K_{eq} = \frac{[P]}{[R]} = \frac{0,4}{0,1} = 4.$$

- C) Incorreta. Pela análise do gráfico, as curvas permanecem constantes no tempo de 10 minutos. Portanto, o equilíbrio foi atingido após 10 minutos de reação.
- D) Incorreta. A velocidade da reação depende da concentração de cada substância em determinado período de tempo. Em 5 minutos, a velocidade da reação é:

$$v = \frac{0,35 \text{ mol.L}^{-1}}{5 \text{ min}} = 0,07 \text{ mol/L} \cdot \text{min}$$

Em 10 minutos, a velocidade da reação é:

$$v = \frac{0,40 \text{ mol.L}^{-1}}{10 \text{ min}} = 0,04 \text{ mol/L} \cdot \text{min}$$

- E) Incorreta. Os coeficientes r e p da reação valem 1. Pela análise do gráfico, é possível notar que a formação do produto possui a mesma quantidade do consumo do reagente, e, por isso, a proporção estequiométrica é 1:1.

Questão 17 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. A constante de equilíbrio para essa reação é
- $$K_{eq} = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3} = \frac{[0,67]^2}{[1,72] \cdot [1,51]^3} = 0,076 \approx 0,08.$$
- II. Correta. Um aumento na pressão do sistema provoca redução do volume total ocupado pelos gases, fazendo com que ocorra a aproximação das moléculas dos gases.
- III. Correta. O aumento da pressão implica na redução do volume do sistema e o equilíbrio é deslocado no sentido de menor volume molar gasoso, ou seja, no sentido de formação de amônia.
- IV. Incorreta. O valor de K_c na temperatura de 25 °C e 1 atm de pressão é $5,00 \cdot 10^8$. Esse valor é bem maior que 1 ($K_c \gg 1$), o que indica que a reação é favorável no sentido de formação dos produtos, que no caso é a amônia.

Questão 18 – Letra C

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. No tempo 0, há somente reagentes no sistema. Assim, como a velocidade depende da concentração dos reagentes, a velocidade da reação direta é maior que a velocidade da reação inversa.
- B) Incorreta. De acordo com os gráficos apresentados, o reagente da reação direta é o N_2O_4 já que se encontra em maior concentração no tempo zero de reação. Assim, a equação balanceada da reação é a soma de todos os seus coeficientes estequiométricos, ou seja, 3.
- C) Correta. Para encontrar a relação entre K_c e K_p considera-se a seguinte relação:

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

$$K_p = p_{\text{NO}_2}^2 / p_{\text{N}_2\text{O}_4}$$

Considerando o comportamento ideal dos gases, a pressão parcial pode ser escrita da seguinte forma, considerando R como a constante universal dos gases e T a temperatura em kelvin:

$$p_{\text{NO}_2} = [\text{NO}_2] \cdot R \cdot T$$

$$p_{\text{N}_2\text{O}_4} = [\text{N}_2\text{O}_4] \cdot R \cdot T$$

$$K_p = ([\text{NO}_2] \cdot R \cdot T)^2 / [\text{N}_2\text{O}_4] \cdot R \cdot T$$

Como $K_c = [\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4]$, temos:

$$K_p = K_c \cdot R \cdot T$$

- D) Incorreta. Observa-se nos gráficos uma tendência contrária para o N_2O_4 e para o NO_2 . A medida que a concentração de N_2O_4 diminui, quando é consumido na reação direta, a concentração de NO_2 aumenta.
- E) Incorreta. O equilíbrio químico é estabelecido quando as velocidades das reações direta e inversa se igualam, ou seja, quando há conversão de produtos e reagentes na mesma proporção. Quando uma das substâncias se esgota o equilíbrio químico passa a não existir pois o sistema não será reversível.

Seção Enem

Questão 01 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

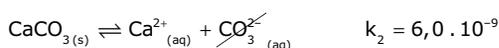
Habilidade: 17

Comentário: A equação I é obtida pela soma das equações II, III e IV, sendo que a equação II deve ser invertida.

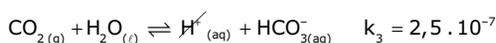
I.



II.



III.



IV.



A constante de equilíbrio é dada pela multiplicação das constantes (k_1 , k_2 e k_3).

$$k = \frac{1}{3} \cdot 10^{11} + \frac{2}{6,0} \cdot 10^{-9} \cdot 2,5 \cdot 10^{-7} = 5,0 \cdot 10^{-5}$$

Questão 02 – Letra B

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 4

Habilidade: 14

Comentário: A constante de equilíbrio depende apenas da temperatura. Como a temperatura corporal é, praticamente, constante, o aumento da concentração de hemoglobina desloca o equilíbrio químico no sentido de síntese da oxiemoglobina sem alterar o valor da constante de equilíbrio.

MÓDULO – A 22

Equilíbrio Iônico

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

Comentário: Como as concentrações das soluções são iguais, aquela que apresentar o ácido com maior valor de K_a é a mais ácida, pois mais ionizado estará o ácido e maior será a concentração de H_3O^+ .

- A) Incorreta. O ácido cianídrico é o que apresenta menor valor de K_a , então a concentração de H_3O^+ é menor na solução IV.
- B) Correta. O ácido cloroso (HClO_2) é o que apresenta maior valor de K_a , portanto, é o que apresenta maior concentração de H_3O^+ .

- C) Incorreta. Os ácidos III e IV apresentam diferentes valores de K_a e, portanto, possuem diferentes concentrações de H_3O^+ .
- D) Incorreta. Os ácidos I, II, III e IV apresentam diferentes valores de K_a e possuem diferentes concentrações de H_3O^+ .
- E) Incorreta. O ácido II é o que apresenta maior concentração de H_3O^+ e, por isso, possui maior valor de K_a .

Questão 02

Comentário:

- A) O ácido mais forte é o $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2\text{COOH}$, pois apresenta o maior valor de K_a . Seu nome oficial é ácido dicloroetanoico. Já o ácido mais fraco, com menor valor de K_a , é o ácido butanoico, de fórmula $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$.

- B) $K_a = C_{\text{mol.L}^{-1}} \cdot \alpha^2 \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = 0,5 \cdot \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 3,6 \cdot 10^{-5}$

$$\alpha = 6 \cdot 10^{-3}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = C_{\text{mol.L}^{-1}} \cdot \alpha$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow \text{pH} = -\log 3 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pH} = 2,52$$

Questão 03

Comentário: A expressão da constante de equilíbrio desse ácido é

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-] \cdot [\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}]}$$

Logo, a concentração de íons H^+ no equilíbrio é determinada pela equação que envolve o grau de ionização α e a concentração molar M do ácido:

$$[\text{H}^+] = \alpha \cdot M$$

$$[\text{H}^+] = \frac{7}{100} \cdot 0,01$$

$$[\text{H}^+] = 7 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Questão 04 – Letra C

Comentário: A acidez das soluções aumenta com a redução do pH, ou seja, com a elevação da concentração de íons H_3O^+ . Como consequência, tem-se uma diminuição na concentração de íons OH^- . A seguir, são apresentadas as soluções, usadas na questão, com os respectivos pH e concentrações de H_3O^+ e OH^- .

- Suco de limão

$$\text{pH} = 2,5$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-11,5} \text{ mol.L}^{-1}$$

- Vinagre

$$\text{pH} = 3,0$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$$

- Suco de tomate

$$\text{pH} = 5,0$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$$

- Sangue humano

$$\text{pH} = 7,5$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7,5} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-6,5} \text{ mol.L}^{-1}$$

- Leite de magnésia

$$\text{pH} = 11,0$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

Questão 05 – Letra C

Comentário: Analisando o quadro, pode-se perceber que a única faixa de pH em que não ocorre nenhuma transformação indesejada no solo é entre 6 e 7. As demais faixas apresentam mudanças na composição do solo que dificultam a absorção de determinados nutrientes pelas raízes das plantas.

Questão 06 – Letra A

Comentário: Analisando cada uma das afirmativas, temos:

- I. Correta. Quando o gás carbônico é introduzido na água, é estabelecido o seguinte equilíbrio:



O ácido formado diminui o pH da água e, conseqüentemente, a sua basicidade.

- II. Incorreta. A perda de CO_2 provoca o deslocamento do equilíbrio no sentido de reestabelecer o que foi perdido desse reagente. Com isso, a concentração de íons H^+ diminui, aumentando o pH da água.
- III. Incorreta. O gás carbônico é introduzido no sistema e, conforme discutido, provoca alteração no pH da água.

Questão 07 – Letra A

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. Foram representadas as três ionizações dos ácidos HX, HY e HZ. Entre elas, o HY é o mais forte, ou seja, o que mais ionizou, pois todas as partículas representadas encontram-se ionizadas. Assim, o pH da solução que contém esse ácido será o menor se comparado aos demais.
- B) Incorreta. O ácido mais fraco é o HX já que o seu grau de ionização é o menor. Esse grau pode ser verificado a partir da proporção entre os íons em equilíbrio e a quantidade de moléculas no sistema, que é menor no caso do HX.
- C) Incorreta. Como o HX é o ácido mais fraco, seu grau de ionização é baixo, já que na solução há mais moléculas de HX na forma não ionizada que íons H^+ e X^- livres.

D) Incorreta. A condução de eletricidade por meio de uma solução eletrolítica depende do número de espécies livres portadoras de carga no sistema. Assim, ácidos mais fortes, que liberam mais facilmente o cátion H^+ e seu respectivo ânion, são os melhores condutores de eletricidade quando se encontram em solução. Para os ácidos apresentados, a ordem crescente de condução de eletricidade é $\text{HX} < \text{HZ} < \text{HY}$.

E) Incorreta. *Ver* comentário da alternativa A.

Questão 08 – Letra E

Comentário: Para soluções ácidas, temos que $\text{pK}_a = -\log K_a$. A partir dessa expressão, pode-se dizer que quanto mais forte o ácido, menor é o seu pK_a . Analisando os valores de pK_a expressos na tabela do enunciado da questão, conclui-se que o ácido V é o que apresenta menor valor de pK_a e, portanto, é o ácido que se dissocia mais fortemente. A luminosidade observada quando os fios são mergulhados na solução do ácido V é mais intensa devido à maior concentração de íons na solução desse ácido.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra A

Comentário: Pela definição de pH, temos que $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$.

Substituindo os valores de $[\text{H}_3\text{O}^+]$ de cada amostra na equação, obtemos o pH de cada uma delas:

$$\text{IAD: pH} = 4$$

$$\text{IIAD: pH} = 5$$

$$\text{IIIAD: pH} = 7$$

$$\text{IVAD: pH} = 9$$

Logo, a amostra IIIAD é a única que apresenta valores de pH entre 6 e 9, que são os valores estipulados pelo CONAMA. Portanto, a amostra IIIAD é a mais adequada para consumo.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A água ideal para o consumo deve ser neutra ou alcalina, ou seja, deve apresentar pH igual ou maior que sete. A amostra da água A apresenta $\text{pH} = 6$ indicando caráter ácido não adequado para o consumo.
- B) Incorreta. Para que as quantidades de H^+ e OH^- sejam iguais a água deve ser neutra, ou seja, possuir $\text{pH} = 7$, considerando a temperatura de 25°C . A amostra C possui caráter alcalino o que sugere que a quantidade de OH^- é maior.
- C) Correta. O pH é calculado em escala logarítmica pela fórmula $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$. Assim, a diferença de 1 unidade entre os valores de pH das amostras A e B significam diferença de 10 vezes na concentração de H^+ . Assim, a amostra A de $\text{pH} = 6$ é dez vezes mais ácida que a amostra B de $\text{pH} = 7$ pois possui concentração de H^+ dez vezes maior.

- D) Incorreta. Como a amostra A é a que possui menor pH, ou seja, é a água mais ácida, a concentração de OH^- nela é menor.
- E) Incorreta. Como na amostra B o $\text{pH} = 7$, ou seja, o meio é neutro, a $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$.

Questão 03 – Letra C

Comentário: Como o pH do suco de limão é igual a 2, a concentração dos íons H^+ será dada por:

$$\begin{aligned}\text{pH} &= 2 \\ \text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\ [\text{H}^+] &= 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}\end{aligned}$$

Considerando uma alíquota de 100 mL desse suco, temos:

$$\begin{aligned}1\ 000 \text{ mL} &\text{ — } 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol de H}^+ \\ 100 \text{ mL} &\text{ — } x \\ x &= 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol de H}^+\end{aligned}$$

Essa quantidade de matéria de H^+ após a diluição estará contida em 1 000 mL de solução. Assim, a concentração da solução após a diluição será $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Logo, o pH dessa solução diluída será:

$$\begin{aligned}\text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\ \text{pH} &= -\log [1,0 \cdot 10^{-3}] \\ \text{pH} &= 3\end{aligned}$$

Questão 04 – Letra B

Comentário: Em uma solução aquosa, temos que

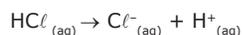
$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}.$$

O ácido clorídrico é um ácido forte e ioniza-se totalmente, de acordo com a equação $\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$. Logo, a concentração de íons H^+ é 10^{-2} mol/L . Considerando que $[\text{H}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+]$, temos que:

$$\begin{aligned}[\text{HCl}] &= [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ mol/L} \\ [\text{OH}^-] &= \frac{10^{-14}}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{10^{-14}}{10^{-2}} \\ [\text{OH}^-] &= 10^{-12} \text{ mol/L}\end{aligned}$$

Questão 05 – Letra A

Comentário: A equação a seguir representa o processo de ionização do HCl .



Como a ionização é de 100% e a estequiometria é de 1 : 1, a concentração de H^+ é de $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$. Assim, o cálculo do pH pode ser feito da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}\text{pH} &= -\log [\text{H}^+] \\ \text{pH} &= -\log 1,0 \\ \text{pH} &= 0\end{aligned}$$

Questão 06 – Letra D

Comentário: Considerando que o hidróxido de potássio se dissolve completamente em água, calcularemos a concentração em mol.L^{-1} dos íons OH^- produzidos na dissociação dessa base:

$$\begin{aligned}1 \text{ mol de KOH} &\text{ — } 56 \text{ gramas} \\ x \text{ mol de KOH} &\text{ — } 0,056 \text{ gramas}\end{aligned}$$

$$x = 0,001 \text{ mol de KOH em } 100 \text{ mL de solução.}$$

Logo, a concentração molar é de $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$. Considerando que a estequiometria da dissolução é de 1 : 1 e que toda a base se dissocia, a $[\text{OH}^-] = 0,01 \text{ mol/L}$. Assim, temos:

$$\begin{aligned}\text{pOH} &= -\log 0,01 \\ \text{pOH} &= 2\end{aligned}$$

Como $\text{pOH} + \text{pH} = 14$, o pH da solução é 12.

Questão 07 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A amostra de chuva ácida com $\text{pH} = 4$ indica que a concentração de H^+ está maior que a quantidade no sistema neutro. Assim, a $[\text{H}_3\text{O}^+] > 1,0 \cdot 10^{-7}$.
- B) Correta. A soma do pOH e do pH é 14. Como o pH da chuva é 4, o pOH é 10.
- C) Incorreta. O valor da constante de equilíbrio não muda com a adição de mais substância química participante do sistema em equilíbrio. O valor de K_w só mudará com a mudança de temperatura.
- D) Incorreta. Com a adição de H^+ ao sistema em equilíbrio, este reagirá de forma a minimizar a perturbação causada, ou seja, deslocará no sentido inverso. Nesse sentido também ocorrerá o consumo de OH^- , diminuindo sua concentração.

Questão 08 – Letra A

Comentário: A adição do NaCN no sistema em equilíbrio faz com que a concentração do íon CN^- aumente. Assim, o equilíbrio será perturbado e reagirá de forma a consumir essa quantidade de íon cianeto adicionado. Logo, a reação no sentido inverso, formação de HCN , será favorecida e sua concentração no sistema aumentará. Isso prejudicará sua ionização e o α tem seu valor reduzido. Como a $[\text{H}^+]$ diminuirá, o pH se elevará e a constante de equilíbrio K_a não sofrerá alterações pois depende da temperatura.

Questão 09 – Letra B

Comentário: O ácido ascórbico é um monoácido fraco, portanto, temos:

$$\begin{aligned}K_1 &= C_{\text{mol.L}^{-1}} \cdot \alpha^2 \\ 8,0 \cdot 10^{-5} &= 0,0125 \cdot \alpha^2 \\ \alpha &= 0,08\end{aligned}$$

A seguir, calcula-se a concentração de íons H_3O^+ no meio.

$$\begin{aligned}[\text{H}_3\text{O}^+] &= \alpha \cdot C_{\text{mol.L}^{-1}} \\ [\text{H}_3\text{O}^+] &= 0,08 \cdot 0,0125 \text{ mol.L}^{-1} \\ [\text{H}_3\text{O}^+] &= 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}\end{aligned}$$

Finalmente, calcula-se o pH resultante da dissolução do comprimido.

$$\begin{aligned}\text{pH} &= -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \\ \text{pH} &= 3\end{aligned}$$

Questão 10 – Letra D

Comentário: A constante de ionização do ácido monoprotico é determinada pela Lei de Diluição de Ostwald:

$$K_a = \frac{\alpha^2 \cdot M}{1 - \alpha}$$

$$K_a = \frac{(0,20)^2 \cdot 0,01}{1 - 0,20}$$

$$K_a = 5 \cdot 10^{-4}$$

Para a determinação do pH da solução, é necessário calcular a concentração de íons H^+ :

$$[H^+] = \alpha \cdot M$$

$$[H^+] = 0,20 \cdot 0,01$$

$$[H^+] = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Logo, o pH da solução é:

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

$$pH = -\log 2 \cdot 10^{-3}$$

$$pH = 3 - \log 2$$

$$pH = 3 - 0,3$$

$$pH = 2,7$$

Questão 11

Comentário: O ácido láctico é um ácido fraco e a sua concentração é alta o suficiente para considerarmos que a concentração de HA no equilíbrio é aproximadamente igual à concentração inicial de HA. Representando a concentração inicial de HA como $[HA]_0$, lembrando que $[H^+] = [A^-]$ e desconsiderando a autoionização da água, temos que a constante de equilíbrio de dissociação do ácido será:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \approx \frac{[H^+]^2}{[HA]_0} \Rightarrow K_a \cdot [HA]_0 = [H^+]^2$$

Aplicando-se o logaritmo dos dois lados da equação,

$$-\log(K_a \cdot [HA]_0) = -\log[H^+]^2 = -\log[H^+]^2$$

Utilizando as propriedades de logaritmo,

$$-\log K_a - \log [HA]_0 = 2 \cdot (-\log [H^+])$$

$$pK_a - \log [HA]_0 = 2 \cdot (pH)$$

Logo,

$$pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log [HA]_0)$$

$$pH = \frac{1}{2}(3,82 - \log 10^{-1})$$

$$pH = 2,41 \text{ e } 2,41 \cdot 10 = 24,1 \approx 24$$

Questão 12 – Letra A

Comentário:

I. Verdadeira. Se $pH = 7,4$, temos:

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

$$10^{-pH} = [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = 10^{-7,4} \text{ mol.L}^{-1}$$

Esse valor de concentração equivale a $4,0 \cdot 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$. Além disso, pode-se calcular o pH com base nesse valor de concentração:

$$pH = -\log 4,0 \cdot 10^{-8}$$

$$pH = -[0,6 - 8] = 7,4$$

$$pH = 7,4$$

II. Falsa. Se $K_w = 2,4 \cdot 10^{-14}$, temos:

$$pK_w = -\log K_w$$

$$pK_w = -\log 2,4 \cdot 10^{-15}$$

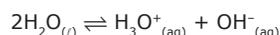
$$pK_w = -[\log 2,4 + \log 10^{-15}]$$

$$pK_w = -[0,38 + -15]$$

$$pK_w = 14,62$$

III. Falsa. O pH da chuva é de 5,4 e a $[H_3O^+]$ é igual a $10^{-5,4} \text{ mol.L}^{-1}$, ou seja, essa concentração é 100 vezes maior que a concentração de hidrônio no sangue. Portanto, a chuva é 100 vezes mais ácida.

IV. Falsa. O indivíduo com febre tem temperatura maior que $36 \text{ }^\circ\text{C}$, o que favorece a autoionização:

**Questão 13 – Letra A**

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

A) Correta. Como o ácido acético está apenas 1% ionizado ($\alpha = 0,01$), temos que a concentração de H_3O^+ no equilíbrio será:

$$[H_3O^+] = \alpha \cdot C_{\text{mol.L}^{-1}}$$

$$[H_3O^+] = 0,01 \cdot 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[H_3O^+] = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

Logo, temos que:

$$pH = -\log [H_3O^+] \Rightarrow pH = -\log 1,0 \cdot 10^{-3}$$

$$pH = 3$$

B) Incorreta. Conforme calculado na alternativa A, a concentração de H_3O^+ no equilíbrio será $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

C) Incorreta. No processo de ionização do ácido acético são liberadas iguais quantidades, em mol, de íons H_3O^+ e de íons acetato. Dessa maneira, a quantidade de íons acetato também será igual a $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

D) Incorreta. A evolução dessa reação pode ser descrita pelo quadro a seguir:

	$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$		
Início	0,1	0	0
Consumiu / Formou	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Equilíbrio	0,099	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$

Assim, temos que:

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$K_a = 1,01 \cdot 10^{-5}$$

E) Incorreta. A temperatura é o único fator capaz de alterar o valor das constantes de equilíbrio.

Questão 14 – Letra C

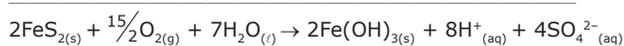
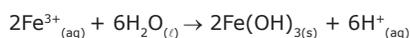
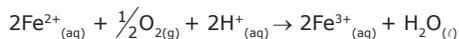
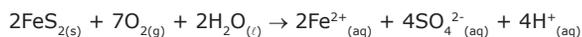
Comentário: A atividade da pepsina foi analisada em duas situações: com variação de temperatura e com a variação do pH. No primeiro caso, observa-se que a reação se torna mais rápida à medida que a temperatura aumenta, atingindo um máximo em $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Após esse valor, a velocidade da reação decresce.

No segundo caso, observa-se que a pepsina tem ação favorável em meio ácido, em pH = 2, ao contrário do que ocorre para outras enzimas.

Assim, a albumina será mais rapidamente hidrolisada na temperatura de 40 °C em meio ácido de pH = 2, condições atingidas no tubo de ensaio da letra C que se encontra nessa temperatura e possui uma solução de HCl 0,01 mol/L.

Questão 15 – Letra D

Comentário: A equação química que descreve o processo global é:



A razão entre as quantidades de matéria de $\text{FeS}_{2(s)}$ e $\text{O}_{2(g)}$ pode ser obtida da seguinte maneira:

$$\frac{2}{15} = \frac{2}{1} \cdot \frac{2}{15} = \frac{4}{15}$$

Durante o processo o pH do solo diminui, uma vez que formam-se os produtos $\text{Fe}(\text{OH})_3$, que é uma base fraca e H_2SO_4 , que é um ácido forte. Por ser um ácido forte e não reagir totalmente com o hidróxido de ferro (III), o H_2SO_4 provoca a diminuição do pH do meio.

Questão 16 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

A) Incorreta. O pH da solução é obtido pela expressão de K_a . Considerando a equação de ionização do ácido monoprótico $\text{HX} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{X}^-$, temos que

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{X}^-]}{[\text{HX}]} \Rightarrow [\text{H}^+] = [\text{X}^-] \Rightarrow [\text{H}^+]^2 = K_a \cdot [\text{HX}]$$

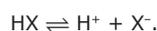
$$[\text{H}^+]^2 = 1,0 \cdot 10^{-4} \cdot 1,0 \Rightarrow [\text{H}^+] = \sqrt{1,0 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow [\text{H}^+] = 0,01$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$\text{pH} = 2$$

B) Correta. A concentração de $[\text{H}^+]$ é igual a concentração de $[\text{X}^-]$ e ambas são iguais à $1,0 \cdot 10^{-4}$ mol/L.

C) Incorreta. A proporção estequiométrica da reação é de 1 mol de ácido HX para 2 mol de íons $\text{H}^+ + \text{X}^-$, conforme a equação



D) Incorreta. Quando se atinge o equilíbrio químico, a velocidade da reação direta é igual a velocidade da reação inversa e ambas são diferente de zero.

E) Incorreta. Para determinar a concentração de HX no equilíbrio, utilizaremos uma tabela de equilíbrio químico:



Início	1 mol/L	-	-
Reage	0,01	0,01	0,01
Equilíbrio	0,99	0,01	0,01

A concentração de HX no equilíbrio é 0,99 mol/L.

Seção Enem

Questão 01 – Letra D

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 7

Habilidade: 26

Comentário: De acordo com o texto-base, dos gases gerados na combustão completa da borracha vulcanizada, alguns são poluentes e provocam chuva ácida. Portanto, para remover com maior eficiência os gases poluentes, deve-se utilizar uma substância que possua natureza básica mais acentuada. Entre as substâncias apresentadas, o hidrogenofosfato de potássio é a mais indicada, pois o íon HPO_4^{2-} possui maior K^b .

Questão 02 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: O equilíbrio entre o ácido hipocloroso e o ânion hipoclorito apresenta constante representada por:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]}$$

Manipulando essa equação, temos:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]}$$

Conforme descrito no enunciado, a concentração de HClO deve ser maior que a de ClO^- e, portanto, o pH deve ser menor que 7,53, sendo que esse valor considera que as concentrações de ClO^- e de HClO serão iguais.

Com pH = 7, a concentração de HClO seria apenas ligeiramente maior que a de ClO^- . A água com pH muito baixo é ácida demais para ser consumida, o que exclui a alternativa A.

Para pH = 5, a concentração de HClO seria mais de 10 vezes maior que a de ClO^- e, assim, a eficiência de desinfecção seria maximizada.

Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: O odor característico de peixe deve-se a compostos pertencentes à função orgânica amina, que se comporta como base, conforme informa a questão. Para atenuar o cheiro na geladeira, a dona de casa deve neutralizar a amina com um composto de comportamento ácido. Sabe-se que a neutralização de uma base com um ácido tem como produtos sal e água, e que ambos não possuem odor forte.

Dentre os materiais presentes na cozinha, os que devem ser escolhidos para esse fim devem possuir a concentração de H_3O^+ maior que $10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ ou seja, aqueles que apresentam pH menor que 7. Dessa maneira, os materiais adequados são o suco de limão, o leite e o vinagre.

Suco de limão: $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ e $\text{pH} = 2$

Leite: $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ e $\text{pH} = 6$

Vinagre: $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ e $\text{pH} = 3$

Dentre as alternativas, a única que apresenta somente substâncias com pH menor que 7 é a alternativa C.

Questão 04 – Letra A

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 2

Habilidade: 7

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos a coloração que cada um dos indicadores adquire quando adicionados à água mineral fraudada (pH entre 6,5 e 7,5) e à água mineral natural (pH = 10,00).

- Azul de bromotimol: Água mineral fraudada: Verde

Água mineral natural: Azul

O azul de bromotimol torna-se amarelo em soluções com pH menor que 6,0 e azul em soluções com pH maior que 7,6. Logo, na água fraudada, cujo valor de pH está entre os dois pontos de viragem do indicador, a coloração adquirida é a verde (coloração entre o azul e o amarelo). Na água natural (pH $\geq 7,6$), o indicador torna-se azul.

- Vermelho de metila: Água mineral fraudada: Amarelo

Água mineral natural: Amarelo

Esse indicador adquire a mesma cor tanto na água fraudada quanto na água natural, pois ambas as águas possuem pH superior a 6.

- Fenolftaleína: Água mineral fraudada: (Incolor)

Água mineral natural: Vermelho

A fenolftaleína se manterá incolor quando adicionada a soluções com o pH menor que 8,2, tal como a água fraudada. Na água natural, a fenolftaleína adquire coloração vermelha (pH $\geq 10,00$).

- Alaranjado de metila: Água mineral fraudada: Amarelo

Água mineral natural: Amarelo

Quando adicionado à água mineral fraudada ou natural, o alaranjado de metila se torna amarelo, pois, de acordo com a tabela, essa coloração é adquirida quando o indicador é adicionado a soluções com pH maior que 4,4, como é o caso dos dois tipos de água.

Os indicadores que poderão distinguir a água mineral fraudada da água mineral natural são aqueles que apresentam colorações diferentes em cada tipo de água. Serão, portanto, o azul de bromotimol e a fenolftaleína.

MÓDULO – A 23

Solução-Tampão e Hidrólise Salina

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra E

Comentário: Soluções-tampão são aquelas que resistem a grandes variações de pH, mesmo quando se adicionam a elas pequenas quantidades de um ácido forte ou de uma base forte. Um exemplo de solução-tampão é o sangue humano, um tampão biológico.

Questão 02 – Letra B

Comentário: Analisando cada uma das alternativas, temos:

- Incorreta. Uma solução-tampão resiste a grandes variações de pH quando nela é adicionada pequena quantidade de ácido ou base.
- Correta. Uma solução-tampão é formada pela mistura de um ácido fraco e o ânion derivado desse ácido fraco ou pela mistura de uma base fraca e o cátion derivado dessa base.
- Incorreta. Uma solução-tampão pode ser formada pela mistura de ácidos ou bases fracas com seus respectivos sais. Essa solução impede que ocorra variações bruscas de pH, justamente por possuir um ácido ou base fracos, que reagem com os íons H^+ ou OH^- quando ácido ou base, dependendo do tampão, é adicionado à solução.
- Incorreta. O pH de uma solução-tampão pode ser ácido, neutro ou básico. A função do tampão é impedir que aconteçam mudanças bruscas no valor do pH da solução.
- Incorreta. *Vide* alternativa A.

Questão 03 – Letra E

Comentário: Essa questão pode ser resolvida de duas formas.

Resolução 1

A fórmula de Henderson-Hasselbalch para o cálculo do pH de um tampão ácido é a seguinte:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$7,4 = -\log(4,2 \cdot 10^{-7}) + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

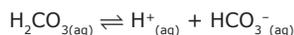
$$7,4 = 6,38 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$\log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \cong 1 \Rightarrow$$

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \cong 10 \Rightarrow \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{HCO}_3^-]} \cong 0,1$$

Resolução 2

A equação que descreve o sistema-tampão é a seguinte:



A constante de equilíbrio desse sistema é expressa por:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$4,2 \cdot 10^{-7} = \frac{10^{-7,4} \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{HCO}_3^-]} = \frac{10^{-7,4}}{4,2 \cdot 10^{-7}}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{HCO}_3^-]} \cong 0,1$$

Questão 04 – Letra C

Comentário: Para o tampão ácido $\text{H}_3\text{CCOOH} / \text{H}_3\text{CCOO}^-\text{Na}^+$ utiliza-se a fórmula de Henderson-Hasselbach para relacionar pK_a com pH:

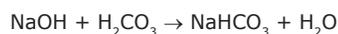
$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \left(\frac{[\text{sal}]}{[\text{ácido}]} \right)$$

Como nesse sistema as concentrações do ácido e do seu sal são iguais, o logaritmo será zero e, por isso, $\text{pH} = \text{pK}_a$. Assim, como o pK_a desse tampão é 4,74, o pH também terá esse valor se situando entre 4 e 5.

Questão 05 – Letra B

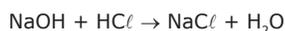
Comentário: Dentre as quatro substâncias disponíveis no laboratório, a que deve ser escolhida para a análise é aquela cuja solução aquosa apresenta caráter neutro. O HCl é um ácido forte, logo, sua solução aquosa apresenta um baixo valor de pH. O NaOH , por outro lado, é uma base forte e sua solução possui pH elevado.

O NaHCO_3 e o NaCl são sais formados a partir de reações de neutralização entre um ácido e uma base. O primeiro apresenta caráter básico pois é formado a partir da reação entre uma base forte e um ácido fraco, conforme representado pela equação a seguir:



Assim, se dissolvermos o NaHCO_3 em água, produziremos uma solução básica.

O NaCl é um sal neutro, já que é formado pela reação de uma base forte com um ácido forte, conforme representado a seguir:



Assim, a substância que deve ser escolhida para preparar a solução fisiológica salina neutra é o cloreto de sódio, NaCl .

Questão 06 – Letra D

Comentário: O acetato de sódio $\text{CH}_3\text{COO}^-\text{Na}^+$ é um sal básico proveniente da reação entre uma base forte e um ácido fraco: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$. Portanto, a hidrólise do acetato de sódio aumenta o pH da solução, que será maior que sete.

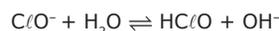
Questão 07 – Letra D

Comentário: Para a correção do pH da água do aquário, é necessário acrescentar um sal de hidrólise alcalina, a fim de elevar o pH de 6,0 para um valor acima de 7,0. Dentre as alternativas apresentadas, temos:

- A) Incorreto. O KBr é um sal neutro, pois sofre hidrólise em solução aquosa e reconstitui a base forte (KOH) e o ácido forte (HBr) dos quais é formado.
- B) Incorreto. O NaCl é um sal neutro, pois sofre hidrólise em solução aquosa e reconstitui a base forte (NaOH) e o ácido forte (HCl) dos quais é formado.
- C) Incorreto. O NH_4Cl é um sal ácido, pois sofre hidrólise em solução aquosa e reconstitui a base fraca (NH_4OH) e o ácido forte (HCl) dos quais é formado.
- D) Correto. O Na_2CO_3 é o sal a ser utilizado, pois sofre hidrólise em solução aquosa e reconstitui a base forte (NaOH) e o ácido fraco (H_2CO_3) dos quais é formado.
- E) Incorreto. O $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ é um sal ácido, pois sofre hidrólise em solução aquosa e reconstitui a base fraca ($\text{Al}(\text{OH})_3$) e o ácido forte (H_2SO_4) dos quais é formado.

Questão 08 – Letra E

Comentário: A água sanitária ou hipoclorito de sódio, NaClO , é um sal básico formado por uma base forte (NaOH) e um ácido fraco (HClO) que sofre hidrólise salina quando adicionado em água, conforme mostrado na equação a seguir:



Sua dissolução em água resulta no equilíbrio mencionado responsável por deixar o meio básico e controlar a liberação do princípio ativo, ClO^- , responsável pela ação bactericida da água sanitária.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra B

Comentário: A solução-tampão é constituída por um equilíbrio químico formado entre um ácido fraco e seu sal correspondente ou por uma base fraca e seu sal correspondente. Dentre os compostos disponíveis, há um ácido forte, HNO_3 , e uma base forte, NaOH , que não podem ser usados para formar um tampão. Assim, pode-se utilizar uma base fraca NH_4OH e um sal correspondente. Considerando os sais disponíveis: NaNO_3 , NH_4NO_3 , NaCl , somente o nitrato de amônio pode ser utilizado por possuir o cátion comum com a base escolhida. Logo, o par NH_4OH e NH_4NO_3 é o mais adequado para compor essa solução-tampão.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Acidose é a diminuição do pH do sangue, tornando-o mais ácido que o normal. Em contrapartida, a alcalose é o fenômeno de elevação do pH sanguíneo, deixando-o mais básico.

- B) Incorreta. Baseados no Equilíbrio 1 e no princípio de Le Chatelier, pode-se concluir que a diminuição da concentração de água no sistema, desloca o equilíbrio no sentido de formação dos reagentes. Portanto, a formação de ácido carbônico é desfavorecida.
- C) Correta. Considerando o Equilíbrio 2 e o princípio de Le Chatelier, a diminuição na concentração de íons H^+ desloca o equilíbrio no sentido de formação do ácido carbônico.
- D) Incorreta. O aumento no valor do pH indica a diminuição da concentração de íons H^+ disponíveis em solução.

Questão 03 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Pessoas com distúrbios respiratórios apresentam insuficiência na eliminação de CO_2 pela respiração. Como consequência, eleva-se a concentração desse gás no organismo, o que desloca o equilíbrio no sentido de formação do ácido carbônico em uma tentativa de diminuir o excesso do gás. Com isso, tem-se a diminuição do pH do sangue.
- B) Correta. A formação de uma solução-tampão pode ser efetuada pela adição de bicarbonato de sódio ao sistema, uma vez que constitui o tampão H_2CO_3/HCO_3^- .
- C) Incorreta. A diminuição do pH do sangue é decorrente do deslocamento do equilíbrio para a direita, no sentido de formação do ácido carbônico.
- D) Incorreta. A solução-tampão em questão é constituída de um ácido fraco, o H_2CO_3 , e o ânion de um sal derivado desse ácido. Portanto, não pode ser utilizado o íon cloreto nesse sistema.
- E) Incorreta. A solução-tampão em questão é constituída de um ácido fraco, o H_2CO_3 , e o ânion de um sal derivado desse ácido. Portanto, não pode ser utilizado o íon cloreto nesse sistema.

Questão 04 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. As soluções-tampão são soluções constituídas por um ácido fraco e seu sal correspondente ou por uma base fraca e seu sal correspondente. Sua função é a de manter o pH do sistema praticamente inalterado quando a ele for adicionado ácido forte ou base forte. Uma solução-tampão ácida é constituída por ácido fraco, que sofre ionização em meio aquoso conforme a equação a seguir:



O cálculo de K_a para esse ácido genérico pode ser feito da seguinte maneira:

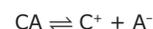
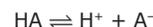
$$K_a = \frac{[H^+].[A^-]}{[HA]}$$

Quanto menor a força de um ácido, menor será o seu grau de ionização, ou seja, a concentração de íons H^+ e A^- será bem menor se comparada com a concentração de HA. Assim, o valor de K_a será pequeno.

- II. Correta. *vide* comentário da afirmativa I.

III. Correta. A solução formada pela mistura de um ácido fraco, que, nesse caso, é o ácido acético com o seu sal correspondente, acetato de sódio, independente das quantidades é denominada solução-tampão ácida.

IV. Correta. A solução-tampão é aquela que mantém seu pH praticamente inalterado se for adicionado a ela uma base forte ou um ácido forte. Isso pode ser entendido pelo princípio de Le Chatelier em equilíbrios ácido-base. Considere um tampão constituído pelo ácido fraco HA e seu sal correspondente CA, em que as espécies estabelecem os seguintes estados de equilíbrio:



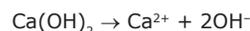
Ao adicionar uma base forte à solução, os íons OH^- acrescentados combinam-se com os cátions H^+ , formando água. O primeiro equilíbrio é então deslocado no sentido de regenerar os íons H^+ consumidos, o que mantém o pH praticamente constante.

Por outro lado, ao adicionar um ácido forte à solução, os íons H^+ acrescentados combinam-se com os ânions A^- gerados pelos dois equilíbrios, formando HA, mantendo a concentração de H^+ praticamente constante.

Questão 05

Comentário: Uma solução-tampão é preparada por um ácido fraco e seu respectivo sal ou por uma base fraca e o sal correspondente, com a finalidade de manter equilibrado o pH do meio. Dentre os compostos, os mais indicados para a solução tampão é o NH_4OH (base fraca) e o sal NH_4Cl .

A equação da dissociação do hidróxido de cálcio é



Cada mol de $Ca(OH)_2$ origina 2 mols de OH^- . Portanto, 0,005 mol de $Ca(OH)_2$ dá origem à 0,01 mol OH^- . O pOH da solução é obtido pela equação:

$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$pOH = -\log 10^{-2}$$

$$pOH = 2$$

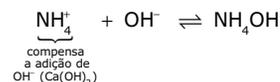
Com o valor de pOH, podemos encontrar o valor do pH pela seguinte expressão:

$$pH + pOH = 14$$

$$pOH = 14 - 2$$

$$pOH = 12$$

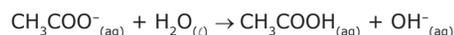
A equação química que demonstra não haver aumento no pH da solução-tampão



Questão 06 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. Em soluções aquosas de acetato de sódio, os íons acetato sofrem hidrólise, gerando íons OH^- no meio, aumentando o pH da solução para valores acima do pH da água pura ($pH = 7$), conforme equação:

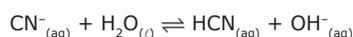


- II. Incorreta. Quando são adicionadas gotas de ácido clorídrico na solução de acetato de sódio, os íons H^+ provenientes do ácido reagem com os íons OH^- oriundos da hidrólise do acetato. Dessa forma, o equilíbrio da equação de hidrólise é deslocado para o lado da formação do ácido acético, de forma a regenerar parte dos íons OH^- consumidos.
- III. Correta. Ao se adicionar solução de nitrato de magnésio na solução de acetato de sódio, os íons Mg^{2+} provenientes da dissociação do $Mg(NO_3)_2$ reagem com os íons OH^- presentes no meio, precipitando na forma de $Mg(OH)_2$. Assim, o equilíbrio do processo de hidrólise do acetato é deslocado no sentido de formação do ácido acético, de forma a regenerar parte dos íons OH^- consumidos.

Questão 07 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. A reação entre o HCN com o NH_4OH , produz o sal básico NH_4CN que sofre hidrólise conforme representado pela equação a seguir:



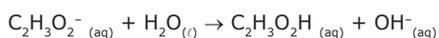
Assim, o meio se tornará básico pelo excesso de OH^- no meio.

- II. Correta. *Vide* comentário da afirmativa I.
- III. Incorreta. O sal formado terá caráter básico. Embora o ácido e a base que originam o sal sejam fracos, o valor de K_b é maior que o de K_a , resultando, assim, em um sal de caráter básico.

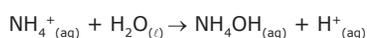
Questão 08 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. O cloreto de sódio é um sal neutro formado a partir da neutralização do ácido clorídrico, ácido forte, com o hidróxido de sódio, base forte. Assim, quando esse sal é dissolvido em água, origina-se uma solução neutra, já que os íons gerados não sofrem hidrólise salina.
- B) Incorreta. O acetato de sódio é um sal de caráter básico, já que é formado a partir da reação entre o ácido acético, um ácido fraco, e o hidróxido de sódio, uma base forte. Quando este sal é dissolvido em água, produz-se uma solução básica. Isso ocorre pelo fato de a base conjugada do ácido fraco capturar os íons H^+ originados da autoionização da água, formando novamente o ácido e deixando os íons OH^- em solução, conforme a equação a seguir:



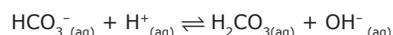
- C) Correta. A solução de cloreto de amônio em água apresenta caráter ácido, pois os íons amônio sofrem hidrólise salina, ou seja, reagem com a água liberando H^+ no meio, conforme a equação a seguir:



- D) Correta. O sal acetato de amônio é formado por meio da reação de neutralização de um ácido fraco, ácido acético, e uma base fraca, o hidróxido de amônio. Os dois íons originados pela dissociação desse sal sofrem hidrólise salina;

o íon acetato reage com a água formando ácido acético e íons OH^- e os íons amônio reagem com a água formando hidróxido de amônio e íons H^+ , conforme as equações apresentadas nas alternativas B e C. Como a concentração de excesso de OH^- ($K_b > K_a$) produzido é muito baixa, o meio apresenta pH próximo de 7.

- E) Correta. O bicarbonato de sódio é um sal de caráter básico já que foi produzido por meio da reação entre um ácido fraco, ácido carbônico, e uma base forte, o hidróxido de sódio. Os íons bicarbonato em solução reagem com os íons H^+ provenientes da autoionização da água, formando o ácido carbônico e OH^- , responsáveis pela basicidade da solução:



Seção Enem

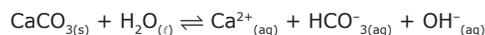
Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: IV

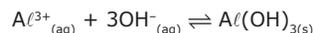
Competência de área: 7

Habilidade: 27

Comentário: O sal carbonato de cálcio ($CaCO_3$) é proveniente de base forte ($Ca(OH)_2$) e ácido fraco (H_2CO_3). Logo, é um sal de hidrólise básica, conforme representado a seguir:



Como o hidróxido de alumínio ($Al(OH)_3$) é uma base praticamente insolúvel em água, o aumento da alcalinidade favorece a precipitação dos íons Al^{3+} sob a forma de $Al(OH)_3$.



Questão 02 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: O resíduo líquido aquoso em questão apresenta pOH igual a 10:

$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$pOH = -\log 1,0 \cdot 10^{-10}$$

$$pOH = 10$$

Logo, o pH desse líquido é igual a 4:

$$pH + pOH = 14$$

$$pH = 14 - pOH$$

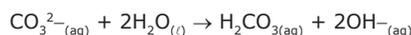
$$pH = 4$$

Sendo assim, para atender à legislação, o químico deve utilizar uma substância de caráter básico a fim de elevar o pH do meio.

Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. CH_3COOH é o ácido acético, um ácido carboxílico que, se for adicionado ao líquido residual, aumentará a sua acidez, reduzindo o pH, não atendendo à legislação.
- B) Incorreta. Na_2SO_4 é o sulfato de sódio, um sal de caráter neutro (sal obtido a partir da neutralização de um ácido forte (H_2SO_4) e uma base forte ($NaOH$)) e, portanto, se for adicionado ao líquido residual, não alterará a sua acidez, mantendo o pH constante, não atendendo à legislação.

- C) Incorreta. CH_3OH é o metanol, um álcool de caráter ácido de baixa intensidade que, se for adicionado ao líquido residual, praticamente não aumentará a sua acidez, mantendo o pH praticamente constante, não atendendo à legislação.
- D) Correta. K_2CO_3 é o carbonato de potássio, um sal de caráter básico (sal obtido a partir da neutralização de um ácido fraco (H_2CO_3) e uma base forte (KOH). Ao adicionarmos esse sal à solução aquosa, o ânion carbonato (CO_3^{2-}) sofre hidrólise:



Portanto, se esse sal for adicionado ao líquido residual, ele diminuirá a sua acidez, aumentando o pH até que ele se encontre na faixa entre 5,0 e 9,0, atendendo à legislação.

- E) Incorreta. NH_4Cl é o cloreto de amônio, um sal de caráter ácido (sal obtido a partir da neutralização de um ácido forte (HCl) e uma base fraca (NH_4OH)) e, portanto, se for adicionado ao líquido residual, aumentará a sua acidez, reduzindo o pH, não atendendo à legislação.

Questão 03 – Letra D

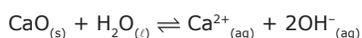
Eixo cognitivo: V

Competência de área: 7

Habilidade: 27

Comentário: O solo rico em carbonato de sódio torna-se básico devido à liberação de íons hidroxila (OH^-) em sua hidrólise. Nesse caso, para que haja a remediação do solo, é necessário fazer a correção do pH com a adição de um composto de caráter ácido, para que haja neutralização do excesso de base.

O técnico utilizou como aditivo químico o óxido de cálcio, CaO . Trata-se de um óxido de caráter básico, já que em meio aquoso se transforma em hidróxido de cálcio, cuja reação está representada a seguir:



Portanto, a utilização de cal virgem aumenta ainda mais a basicidade do meio, promovendo deslocamento do equilíbrio de hidrólise dos íons carbonato para a esquerda. Contudo, quando o novo estado de equilíbrio é estabelecido, a concentração de íons hidróxido é maior do que a concentração inicial. Dessa forma, o uso de cal virgem é inadequado para remediar a basicidade do solo, visto que essa substância aumenta ainda mais seu caráter básico.

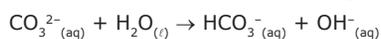
Questão 04 – Letra A

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 3

Habilidade: 10

Comentário: Conforme exposto no texto da questão, as espécies de plantas invasoras, que não são adaptadas a solos ricos em alumínio, crescem normalmente nas margens da rodovia asfaltada com cimento-solo rico em cálcio. O emprego desse material para pavimentar a estrada causa um efeito inibitório à ação do alumínio presente no solo, diminuindo sua toxicidade e, conseqüentemente, favorecendo o crescimento das espécies exóticas na margem da rodovia. O cálcio presente no cimento está sob a forma de carbonato de cálcio, CaCO_3 , um sal de caráter básico que eleva o valor de pH do solo. O ânion carbonato, CO_3^{2-} , sofre hidrólise básica e aumenta a concentração de íons OH^- no solo conforme a seguinte equação:



Como o solo rico em íons alumínio (Al^{3+}) é ácido, o aumento da quantidade de íons hidróxido (OH^-) diminui a acidez do solo.

MÓDULO – A 24

Equilíbrio de Solubilidade

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra D

Comentário: A equação que descreve o equilíbrio de solubilidade do cromato de prata é a seguinte:



A constante de equilíbrio de solubilidade (K_{ps}) é obtida pelo produto das concentrações em mol.L^{-1} das espécies-produto em solução elevadas aos seus respectivos coeficientes estequiométricos. Portanto, o produto de solubilidade pode ser expresso por:

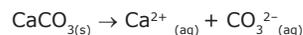
$$K_{\text{ps}} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]$$

Questão 02 – Letra A

Comentário: O principal critério para que uma substância seja usada com o contraste é a insolubilidade em meio aquoso, para que não haja intoxicação com os íons gerados. Logo, para identificar uma substância que pode ser usada para esse fim, é necessário escolher a que possui o menor K_{ps} . Dentre os sais apresentados, o BaSO_4 é o que possui menor valor.

Questão 03 – Letra E

Comentário: Uma solução saturada é obtida quando a quantidade de soluto dissolvido é exatamente igual a solubilidade. Assim, calcularemos a concentração do íon cálcio utilizando o valor de K_{ps} do sal.



$$K_{\text{ps}} = [\text{Ca}^{2+}(\text{aq})] \cdot [\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})]$$

Considerando que $[\text{Ca}^{2+}(\text{aq})] = [\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})] = x$, temos

$$4,9 \cdot 10^{-9} = x^2$$

$$x = 7 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

Questão 04

Comentário: A equação que descreve o equilíbrio de solubilidade do sulfato de prata é a seguinte:



Portanto, o produto de solubilidade (K_{ps}) pode ser expresso por:

$$K_{\text{ps}} = [\text{Ag}^+]^2 \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$$

Considerando a solubilidade desse sal como $x \text{ mol.L}^{-1}$, as concentrações de equilíbrio dos íons serão:

$$[\text{Ag}^+] = 2x \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = x \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim:

$$K_{\text{ps}} = (2x)^2 \cdot x$$

$$K_{\text{ps}} = 4x^3$$

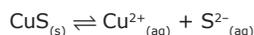
Como $x = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$:

$$K_{\text{ps}} = 4 \cdot (2,0 \cdot 10^{-2})^3$$

$$K_{\text{ps}} = 3,2 \cdot 10^{-5}$$

Questão 05 – Letra B

Comentário: Como o CuS é um sal muito pouco solúvel em água, seu equilíbrio é heterogêneo. Assim, temos:



Para o equilíbrio anteriormente citado, tem-se:

$$K_{ps} = [\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 9,0 \cdot 10^{-36}$$

Considerando a solubilidade desse sal como x mol.L⁻¹, as concentrações de equilíbrio dos íons serão:

$$[\text{Cu}^{2+}] = [\text{S}^{2-}] = x \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim:

$$K_{ps} = x^2$$

Como $K_{ps} = 9,0 \cdot 10^{-36}$, a concentração de equilíbrio de cada íon será igual a $3,0 \cdot 10^{-18}$ mol.L⁻¹.

Dessa forma, em 10 mL de solução saturada desse sal o número de cátions Cu²⁺ será:

$$1\ 000 \text{ mL} \text{ — } 3,0 \cdot 10^{-18} \text{ mol}$$

$$10 \text{ mL} \text{ — } x$$

$$x = 3,0 \cdot 10^{-20} \text{ mol de cátions Cu}^{2+}$$

$$1 \text{ mol de cátions Cu}^{2+} \text{ — } 6,0 \cdot 10^{23} \text{ cátions Cu}^{2+}$$

$$3,0 \cdot 10^{-20} \text{ mol de cátions Cu}^{2+} \text{ — } y$$

$$y = 1,8 \cdot 10^4 \text{ cátions Cu}^{2+}$$

Questão 06 – Letra A

Comentário: A detecção de contaminantes na água pode ser realizada de diversas maneiras e entre elas a precipitação tem importante destaque. Essa técnica consiste em adicionar uma substância na água que forma com o contaminante um produto pouco solúvel que precipitará no fundo do recipiente. No caso da detecção de íons cloreto, é comum adicionar ao sistema algum sal de prata pois o AgCl é pouco solúvel em água e se precipitará. Sabendo que o K_{ps} do AgCl é igual a $2 \cdot 10^{-10}$ e que a concentração dos íons prata adicionados é igual a 0,01 mol.L⁻¹, temos:

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$$

$$2 \cdot 10^{-10} = 0,01 \cdot [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{Cl}^-] = 2,0 \cdot 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$$

Portanto, ocorrerá a precipitação do cloreto de prata se a concentração do íon cloreto for igual ou maior a $2,0 \cdot 10^{-8}$ mol.L⁻¹

Questão 07

Comentário: A expressão da constante de solubilidade do sulfato de chumbo é igual a $K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}]$.

A concentração de íons SO_4^{2-} é determinada por:

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{2 \text{ mol}}{10 \text{ L}} = 0,2 \text{ mol/L}$$

Logo, a $[\text{Pb}^{2+}]$ é obtida substituindo os valores de K_{ps} e de $[\text{SO}_4^{2-}]$ na expressão da constante de solubilidade:

$$[\text{Pb}^{2+}] = \frac{K_{ps}}{[\text{SO}_4^{2-}]} = \frac{1,6 \cdot 10^{-8}}{0,2} \Rightarrow [\text{Pb}^{2+}] = 8 \cdot 10^{-8} = 80 \cdot 10^{-9}$$

$$\beta = 80$$

Questão 08

Comentário: Analisando cada alternativa, temos:

A) A equação química de dissolução do oxalato de cálcio é



Substituindo os valores de K_{ps} e da concentração dos íons Ca^{2+} na equação do produto de solubilidade do oxalato de cálcio, temos que a concentração dos íons oxalato é igual a $6,5 \cdot 10^{-7}$ mol/L:

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$$

$$2,6 \cdot 10^{-9} = (4 \cdot 10^{-3}) \cdot [\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]$$

$$[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = \frac{2,6 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 10^{-3}} = 6,5 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

B) Uma dieta rica em alimentos cítricos, que são ácidos, aumenta a concentração de íons H⁺ no organismo. Esses íons reagem com os íons OH⁻, diminuindo a concentração de hidroxila no meio e deslocando o equilíbrio no sentido de formação de H₂C₂O₄ e OH⁻. Com isso, a formação dos cristais de oxalato será desfavorecida.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra B

Comentário: A dissociação do sulfeto de cádmio em meio aquoso é representada pela equação $\text{CdS}(s) \rightleftharpoons \text{Cd}^{2+}_{(aq)} + \text{S}^{2-}_{(aq)}$. A expressão do produto de solubilidade do sal pode ser calculada da seguinte maneira:

$$K_{ps} = [\text{Cd}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}]$$

$$4 \cdot 10^{-30} = x \cdot x$$

$$x^2 = 4 \cdot 10^{-30}$$

$$x = \sqrt{4 \cdot 10^{-30}}$$

$$x = 2 \cdot 10^{-15}$$

Logo, a concentração de CdS é $2 \cdot 10^{-15}$ mol/L. A massa molar do CdS é 144,4 g/mol e relacionando com a concentração molar, temos que:

$$1 \text{ mol} \text{ — } 144,4 \text{ g}$$

$$2 \cdot 10^{-15} \text{ mol} \text{ — } x$$

$$x = 2,88 \cdot 10^{-13} \text{ g}$$

A solubilidade do CdS em g/L é $2,88 \cdot 10^{-13}$ g/L.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

A) Incorreta. Para saber a concentração de íons em equilíbrio em uma solução saturada consideramos o cálculo da constante K_{ps} :

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$$

Considerando que $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = x$ temos:

$$1,7 \cdot 10^{-10} = x^2$$

$$x = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim, uma solução formada com $[Ag^+] = [Cl^-] = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ será insaturada.

- B) Incorreta. A adição de cloreto de prata sólido a uma solução saturada não afetará o equilíbrio $AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$, pois não formará íons adicionais, já que não será possível a dissolução de nenhuma quantidade adicional.
- C) Correta. A adição de cloreto de sódio ao sistema fornecerá íons cloreto adicionais. Esse excesso provocará perturbações no equilíbrio $AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ e deslocará no sentido inverso de formação de cloreto de prata diminuindo a concentração de íons prata.
- D) Incorreta. A adição de nitrato de prata fornece íons prata para a solução que desloca o equilíbrio do $AgCl$ para a esquerda no sentido de formação do sólido. Assim essa ação desfavorece a solubilização do $AgCl$ precipitado.
- E) Incorreta. Esses valores de concentração de íons prata e cloreto estão abaixo do valor de solubilidade no equilíbrio com o $AgCl$. Nessas condições, a precipitação não ocorre já que o sistema formado será insaturado.

Questão 03 – Letra A

Comentário:

- Cálculo da quantidade de matéria, em mols, do sulfato de chumbo:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol de PbSO}_4 \text{ — } 303 \text{ g} \\ x \text{ — } 45,5 \cdot 10^{-3} \text{ g} \end{array}$$

$$x = \frac{45,5 \cdot 10^{-3}}{303}$$

$$x = 0,00015 \text{ mol de PbSO}_4$$

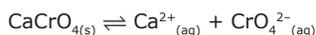
Como essa é a quantidade de matéria em um litro de solução saturada, a concentração em mol.L^{-1} dessa solução é igual a:

$$C_{\text{mol.L}^{-1}}(\text{PbSO}_4) = 0,00015 \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim, o sulfato de chumbo é insolúvel.

- Cálculo da concentração em mol.L^{-1} da solução saturada, de cromato de cálcio:

A equação que descreve o equilíbrio de solubilidade do cromato de cálcio é a seguinte:



Portanto, o produto de solubilidade (K_{ps}) pode ser expresso por:

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CrO}_4^{2-}]$$

Considerando a solubilidade desse sal como $x \text{ mol.L}^{-1}$, as concentrações de equilíbrio dos íons serão:

$$[\text{Ca}^{2+}] = x \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = x \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim,

$$K_{ps} = x \cdot x$$

$$K_{ps} = x^2$$

Como $K_{ps} = 6,25 \cdot 10^{-4}$,

$$x^2 = 6,25 \cdot 10^{-4}$$

$$x = \sqrt{6,25 \cdot 10^{-4}}$$

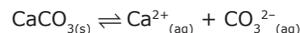
$$x = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim, o cromato de cálcio é ligeiramente solúvel.

Questão 04

Comentário:

- A) Como o CaCO_3 é um sal muito pouco solúvel em água, seu equilíbrio é heterogêneo. Assim, temos:



Para o equilíbrio anteriormente citado, tem-se:

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] = 4,9 \cdot 10^{-9}$$

Considerando a solubilidade desse sal como $x \text{ mol.L}^{-1}$, as concentrações de equilíbrio dos íons serão:

$$[\text{Ca}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] = x \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim:

$$K_{ps} = x^2$$

Como $K_{ps} = 4,9 \cdot 10^{-9}$, a concentração de equilíbrio de cada íon será igual a $7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$.

$$1 \text{ mol de CaCO}_3 \text{ — } 100 \text{ g}$$

$$7,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol de CaCO}_3 \text{ — } x$$

$$x = 7 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

Logo, a solubilidade, em água, do CaCO_3 será $7 \cdot 10^{-3} \text{ g.L}^{-1}$.

- B) Com a adição de Na_2CO_3 , a solubilidade diminui em função do efeito do íon comum, CO_3^{2-} . A adição de íons carbonato ocasiona o deslocamento do equilíbrio de solubilidade do carbonato de cálcio para a esquerda, a fim de consumir parte da concentração de carbonato adicionada, o que resulta na diminuição da extensão da dissociação do carbonato de cálcio e, portanto, reduz a solubilidade desse sal.

Questão 05

Comentário:

- A) A solubilidade de CdS e de HgS pode ser calculada a partir dos seus respectivos valores de K_{ps} da seguinte forma:

$$K_{ps} = [\text{Cd}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 1,0 \cdot 10^{-28}$$

$$S = 1,0 \cdot 10^{-14} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_{ps} = [\text{Hg}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}] = 1,6 \cdot 10^{-54}$$

$$S = 1,26 \cdot 10^{-27} \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim, haverá prioritariamente a precipitação do HgS , pois esse sal apresenta uma solubilidade menor que a do CdS . Além disso, como os dois compostos apresentam o mesmo número total de íons por unidade estrutural, podemos prever a solubilidade dos mesmos analisando diretamente o valor do K_{ps} . Como o HgS possui o menor valor de K_{ps} , conclui-se que esta é a substância que apresenta a menor solubilidade.

- B) Para determinar a concentração de S^{2-} , a partir da qual ocorre a precipitação de $\text{CdS}_{(s)}$, devemos lembrar que, quando $\text{PI} = K_{ps}$, a solução formada é saturada e qualquer acréscimo de soluto à solução resultará em precipitação. Assim:

$$\text{PI} = 1,0 \cdot 10^{-28} = [\text{Cd}^{2+}] \cdot [\text{S}^{2-}]$$

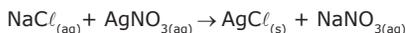
$$1,0 \cdot 10^{-28} = [4,4 \cdot 10^{-8}] \cdot [\text{S}^{2-}]$$

$$[\text{S}^{2-}] = 2,3 \cdot 10^{-21} \text{ mol.L}^{-1}$$

Logo, o valor da concentração de sulfeto a partir da qual se inicia a precipitação do referido sal é $2,3 \cdot 10^{-21} \text{ mol.L}^{-1}$.

Questão 06 – Letra B

Comentário: A equação da reação que ocorre entre soluções aquosas de NaCl e AgNO_3 está representada a seguir:



A quantidade de matéria de cada um dos reagentes presentes nas soluções é calculada da seguinte forma:

- NaCl

$$0,1 \text{ mol} \text{ --- } 1 \text{ 000 mL}$$

$$x \text{ --- } 25 \text{ mL}$$

$$x = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- AgNO_3

$$0,2 \text{ mol} \text{ --- } 1 \text{ 000 mL}$$

$$y \text{ --- } 5 \text{ mL}$$

$$y = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

De acordo com a estequiometria da reação, são formados $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de cada um dos produtos e há excesso de $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de NaCl .

A concentração de íons cloreto presentes na solução resultante deve ser calculada considerando o cloreto proveniente da dissociação do NaCl e desprezando a solubilidade do AgCl , já que este é um sal praticamente insolúvel. Como há um excesso de $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ de Cl^- e o volume da solução resultante é 30 mL, a concentração desse íon é a seguinte:

$$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol de } \text{Cl}^- \text{ --- } 30 \text{ mL}$$

$$x \text{ --- } 1 \text{ 000 mL}$$

$$x = 0,05 \text{ mol de } \text{Cl}^-$$

- $[\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$

$$1 \text{ mol } \text{Cl}^- \text{ --- } 35,5 \text{ g}$$

$$0,05 \text{ mol de } \text{Cl}^- \text{ --- } y$$

$$y = 1,775 \text{ g}$$

$$C_{g,L^{-1}} = 1,775 \text{ g.L}^{-1}$$

Dessa forma, a $[\text{Cl}^-]$ na solução indica que esse índice está acima do valor de referência, o que torna a alternativa B correta.

Como o K_{ps} de um sal é constante e a concentração final dos íons cloreto na solução resultante é $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$, temos que a concentração de Ag^+ é:

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{Ag}^+] \cdot [\text{Cl}^-] = 1,0 \cdot 10^{-10}$$

$$[\text{Ag}^+] \cdot [0,05] = 1,0 \cdot 10^{-10}$$

$$[\text{Ag}^+] = 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$$

Assim, a $[\text{Cl}^-] = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ e $[\text{Ag}^+] = 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$, o que torna as alternativas A, C, D e E incorretas.

Questão 07 – Letra A

Comentário: As concentrações no equilíbrio dos íons serão:

$$K_{ps} = [\text{A}^+] \cdot [\text{B}^-]$$

$$[\text{A}^+] = [\text{B}^-]$$

$$[\text{A}^+] = [\text{B}^-] = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

A adição do sal AC a uma solução saturada do sal AB provoca a diminuição da solubilidade deste sal, devido ao efeito do íon comum.

Como a concentração de íons A^+ aumentou, a concentração (solubilidade) de íons B^- deve diminuir, para manter constante o K_{ps} . Assim, temos:

$$K_{ps} = [\text{A}^+] \cdot [\text{B}^-]$$

$$4,0 \cdot 10^{-8} = [\text{A}^+] \cdot (2,0 \cdot 10^{-6})$$

$$[\text{A}^+] = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$$

Em 1 L dessa solução há, então, 0,02 mol de A^+ .

Assim, a quantidade do sal "AC" adicionada que produziu essa redução de solubilidade do sal "AB" é igual a $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} - 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} = 0,0198 \text{ mol} = 1,98 \text{ g}$.

Seção Enem

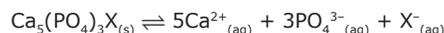
Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 25

Habilidade: 7

Comentário: A prevenção das cáries é feita utilizando-se cremes dentais que possuam flúor em sua composição. A fluorapatita é um mineral menos solúvel e mais duro do que a hidroxiapatita, e sua formação dificulta o desgaste do esmalte dos dentes. Os dois minerais são eletrólitos do mesmo tipo (mesma proporção de cátions e ânions na rede cristalina). A desmineralização genérica pode ser representada pela seguinte equação:



em que X pode ser OH^- ou F^- .

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}]^5 \cdot [\text{PO}_4^{3-}]^3 \cdot [\text{X}^-]$$

$$K_{ps} = (5s)^5 \cdot (3s)^3 \cdot s = 25s^5 \cdot 9s^3 \cdot s = 225s^9$$

Os dois minerais possuem a mesma expressão que relaciona K_{ps} e solubilidade. Como o produto de solubilidade é diretamente proporcional à solubilidade, a fluorapatita possui menor K_{ps} , visto que ela é menos solúvel que a hidroxiapatita.

A estabilidade da rede cristalina dos minerais não é uma propriedade que pode ser usada unicamente para prever a facilidade com que esses minerais sofrem dissolução. Além da energia absorvida na quebra da rede cristalina, é necessário avaliar a energia liberada na solvatação dos íons, bem como o aumento do grau de dispersão das partículas como critérios para verificar a espontaneidade da dissolução.

MÓDULO – B 21

Pilhas

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Metal de sacrifício é quando um metal é intencionalmente colocado em contato com um segundo metal que se deseja proteger, para que o primeiro seja oxidado no lugar no segundo. Nesse caso, deseja-se proteger o ferro da ferrugem.

- B) Correta. O estanho é utilizado como proteção porque esse metal possui difícil oxidação o que protege a estrutura de aço da lata. Logo, esse metal tende a ser reduzido com mais facilidade e, portanto, constitui o cátodo e o polo positivo da pilha.
- C) Incorreta. Ao amassar a lata a proteção de estanho pode se romper, possibilitando que o oxigênio entre em contato com o ferro que constitui a lata. Dessa forma, o ferro perde elétrons ao ser oxidado.
- D) Incorreta. O ferro se torna o ânodo da reação, uma vez que passa a sofrer oxidação.

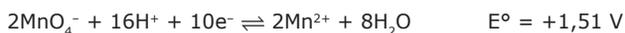
Questão 02 – Letra B

Comentário: A pilha de maior diferença de potencial deve ser construída entre o metal que apresenta menor valor de potencial de redução, e o metal que apresenta maior valor de potencial de redução. Analisando as semirreações, conclui-se que o ânodo é composto pelo magnésio ($E^\circ = -2,37$ V) e o cátodo é composto pelo níquel ($E^\circ = -0,25$ V).

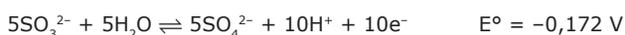
Questão 03 – Letra D

Comentário: Com base nas semirreações apresentadas, percebe-se que, na reação espontânea da pilha, o manganês do íon MnO_4^- sofrerá redução, e o enxofre do íon SO_3^{2-} sofrerá oxidação. Logo, a equação global do processo pode ser obtida somando-se a primeira semiequação com o inverso da segunda. Para se igualar a quantidade de elétrons envolvida nas semiequações de redução e oxidação, deve-se multiplicá-las, respectivamente, por 2 e 5.

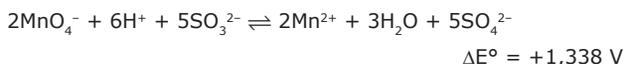
Semiequação de redução:



Semiequação de oxidação:



Equação global:



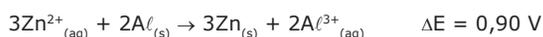
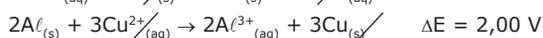
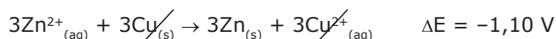
Assim, a semicela (a) corresponde ao ânodo e a semicela (b) corresponde ao cátodo.

Através do fio metálico condutor, os elétrons são transportados da semicela (a), onde ocorre oxidação, para a semicela (b), onde ocorre a redução.

Os íons são transportados de uma semicela para outra através da ponte salina, para manter a eletroneutralidade das soluções.

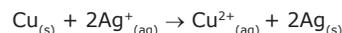
Questão 04 – Letra E

Comentário: Na análise da equação global da pilha de Alumínio-Cobre, o alumínio foi oxidado de Al^ℓ para Al^{3+} , pois teve seu número de oxidação aumentado de 0 para 3, enquanto o cobre foi reduzido de Cu^{2+} para Cu , variando seu NOx de +2 para 0. Os valores de potencial descritos em cada uma das reações levam a concluir que o alumínio tende a sofrer oxidação mais facilmente que o zinco e, portanto, a semirreação que ocorre no anodo é Al/Al^{3+} e a semirreação que ocorre no catodo é Zn^{2+}/Zn . Somando as duas equações, obtém-se a equação da pilha formada entre alumínio e zinco:



Questão 05 – Letra D

Comentário: A reação química pode ser representada pela equação a seguir:



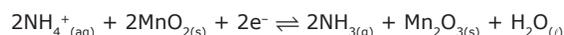
Assim, o cobre metálico será o agente redutor e sofrerá oxidação e o íon prata será o agente oxidante, sofrendo redução. A concentração dos íons $Ag^+_{(aq)}$ em solução diminuirá ao longo da reação, já que essa espécie receberá elétrons vindos da oxidação do cobre, transformando-se em prata metálica e depositando na superfície do eletrodo de prata.

Questão 06

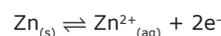
Comentário:

- A) Uma pilha para de funcionar quando o sistema atinge o equilíbrio, ou quando os reagentes são totalmente consumidos. No caso da pilha comum, os reagentes são $Zn_{(s)}$, $NH_4^+_{(aq)}$ e $MnO_{2(s)}$.
- B) A equação global do processo pode ser obtida somando-se a segunda semiequação com o inverso da primeira.

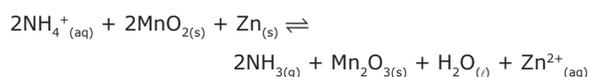
Semiequação de redução:



Semiequação de oxidação:



Equação global:



Os elementos zinco e manganês sofrem variações de NOx conforme a seguir:

Mn: +4 \rightarrow +3

Zn: 0 \rightarrow +2

Logo, as espécies que sofrem oxidação e redução são:

Oxidação: $Zn_{(s)}$

Redução: $MnO_{2(s)}$

- C) A força eletromotriz da pilha é igual a:

$$\Delta E = \Delta E_{red}(maior) - \Delta E_{red}(menor)$$

$$\Delta E = +0,737 \text{ V} - (-0,763 \text{ V})$$

$$\Delta E = +1,5 \text{ V}$$

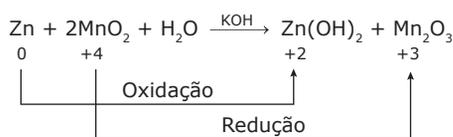
- D) Como a amônia é um produto da reação, o aumento da sua concentração deslocará o equilíbrio no sentido de formação dos reagentes, favorecendo o sentido não espontâneo da pilha e diminuindo a sua vida útil.

Questão 07 – Letra C

Comentário: Pilhas são dispositivos que convertem energia química em energia elétrica.

As pilhas alcalinas não são recarregáveis e são caracterizadas pela ocorrência de uma reação química de oxirredução em meio básico. Logo, as afirmativas IV e V estão corretas.

A equação a seguir representa a reação que ocorre nessas pilhas e as espécies químicas que sofrem oxidação e redução.



Oxidação: Zn

Agente redutor: Zn

Redução: Mn⁴⁺

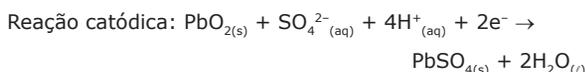
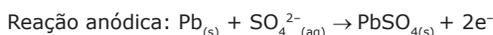
Agente oxidante: MnO₂

Assim, as afirmativas I e II estão corretas e a III está incorreta.

Questão 08 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O processo de recarga consiste no fornecimento de energia, superior à d.d.p. da pilha, por meio de um gerador externo. Na recarga de uma bateria chumbo-ácido, o sentido inverso da reação, ou seja, o sentido de formação de ácido sulfúrico é favorecido e pode ser monitorado pelo aumento da densidade da solução da bateria.
- B) Incorreta. No sentido direto da reação, ou seja, no sentido da descarga da bateria, ocorre a redução do chumbo presente no PbO_{2(s)}, já que o NOx desse elemento passa de +4 para +2 no produto, PbSO_{4(s)}.
- C) Incorreta. Durante o processo de descarga da bateria, ocorre o consumo do ácido sulfúrico presente na solução. Dessa forma, o pH dessa solução aumenta.
- D) Correta. As reações que ocorrem no ânodo e no cátodo durante o processo de descarga são:



No processo de recarga, haverá o estabelecimento do fluxo de elétrons para o ânodo, ou seja, no sentido não espontâneo da reação global; assim, os elétrons migrarão do eletrodo que contém PbO_{2(s)} para o eletrodo de Pb_(s).

- E) Incorreta. Durante a descarga da bateria, haverá o consumo do ácido sulfúrico, que corresponde à única espécie que origina íons na solução. Assim, a concentração de eletrólitos diminui.

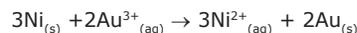
Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A solução de níquel tem a concentração de Ni²⁺ aumentada, pois esses íons migram da placa para a solução, enquanto a solução de ouro tem a concentração de Au³⁺ diminuída porque esses íons migram da solução para a superfície do metal.
- B) Incorreta. Em uma pilha, o fluxo de elétrons, é sempre do ânodo para o cátodo.

- C) Correta. A equação global da pilha é:



- D) Incorreta. A força eletromotriz da pilha é +1,25 V.

$$\Delta E^\circ = E^\circ_{\text{reduz}} - E^\circ_{\text{oxida}}$$

$$\Delta E^\circ = 1,50 - (+0,25)$$

$$\Delta E^\circ = +1,25 \text{ V}$$

- E) Incorreta. O níquel é o agente redutor, pois é a espécie que sofre oxidação e atua promovendo a redução do Au³⁺.

Questão 02 – Soma = 30

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

01. Incorreta. A d.d.p. de uma pilha pode ser calculada pela diferença entre o maior potencial de redução e o menor potencial de redução das espécies químicas reagentes.

$$\Delta E = \Delta E_{\text{red}}(\text{maior}) - \Delta E_{\text{red}}(\text{menor})$$

$$\Delta E = -0,04 \text{ V} - (-1,18 \text{ V})$$

$$\Delta E = +1,14 \text{ V}$$

A força eletromotriz da pilha também pode ser obtida por meio da somatória dos valores dos potenciais de cada uma das semirreações envolvidas no processo. O eletrodo de manganês possui o menor potencial de redução, assim, é necessário inverter e multiplicar por 3 a equação que representa a redução do manganês, bem como multiplicar a equação que representa a redução do ferro por 2. Posteriormente, essas equações devem ser somadas e a d.d.p. da pilha é obtida pela soma dos potenciais das duas semirreações.

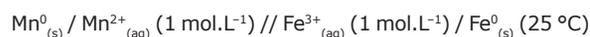


- 02 e 04. Corretas. Como o ferro metálico possui maior potencial de redução que o manganês metálico, a pilha formada entre essas espécies terá como ânodo o eletrodo de manganês, que sofrerá oxidação. Como cátodo, tem-se o ferro, no qual ocorrerá a redução dos íons Fe³⁺.

08. Correta. Normalmente, a notação química da pilha é feita pela seguinte representação:

Redutor / Cátion do redutor e sua concentração // Cátion do oxidante e sua concentração / Oxidante (temperatura)

Conforme descrito no comentário do item 04, no eletrodo de manganês ocorrerá oxidação e no eletrodo de ferro ocorrerá redução. Assim, o manganês atuará como redutor e o ferro como oxidante. Portanto, a pilha formada por eletrodos de manganês e de ferro pode ser representada por:



16. Correta. A reação global de funcionamento da pilha é reversível, porque na superfície de ambos os eletrodos podem ocorrer os processos de redução e de oxidação. Estes, no entanto, ocorrem com velocidades diferentes. Com a descarga da pilha, o equilíbrio químico se estabelece, e, nas superfícies dos eletrodos, os processos de oxidação e redução ocorrem com a mesma velocidade. Durante o processo de descarga da pilha, a d.d.p. diminui até zerar quando o equilíbrio químico é atingido.

Questão 03 – Soma = 09

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

01. Correta. De acordo com a tabela fornecida, os potenciais apresentados correspondem aos potenciais de oxidação de cada metal. Dessa forma, o zinco metálico possui o maior potencial de oxidação se comparado a outras espécies e, portanto, ele possui maior tendência a doar elétrons.

02. Incorreta. A pilha $\text{Cd} / \text{Cd}^{2+} // \text{Ag}^+ / \text{Ag}$ possui d.d.p. igual a 1,20 V enquanto a d.d.p. da pilha de $\text{Fe} / \text{Fe}^{2+} // \text{Ag}^+ / \text{Ag}$ é igual a 1,24 V. Assim, a d.d.p. da primeira pilha é menor que a da segunda pilha.

04. Incorreta. Agente redutor corresponde à espécie que sofrerá oxidação em um processo eletroquímico. Dentre as espécies apresentadas, o pior agente redutor corresponde à espécie que apresenta menor tendência a oxidar, ou seja, que tenha o menor potencial de oxidação, que é $\text{Ag}_{(s)}$.

08. Correta. A d.d.p. da pilha $\text{Zn} / \text{Zn}^{2+} // \text{Ag}^+ / \text{Ag}$ pode ser calculada da seguinte forma:

$$\begin{aligned}\Delta E^\circ &= E^\circ_{\text{redutor}} - E^\circ_{\text{oxidante}} \\ \Delta E^\circ &= 0,76 - (-0,80) \\ \Delta E^\circ &= 1,56 \text{ V}\end{aligned}$$

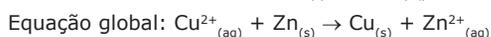
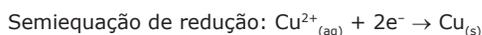
16. Incorreta. Como o ferro metálico possui maior potencial de oxidação que o cobre metálico, a pilha formada entre essas espécies terá como ânodo o eletrodo de ferro, que sofrerá oxidação, e, como cátodo, teremos o cobre, que sofrerá redução.

Questão 04

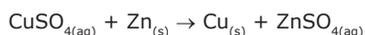
Comentário:

1. Para se obter a equação que representa a reação espontânea da pilha, deve-se somar as semiequações de redução e de oxidação.

De acordo com as informações dos gráficos, o potencial de redução do cobre é maior que o do zinco. Portanto, a semiequação de redução do cobre deve ser mantida e a do zinco invertida. Assim, tem-se:



A reação também pode ser representada na forma completa:



2. Em qualquer processo eletroquímico, os elétrons fluem do ânodo para o cátodo, ou seja, do eletrodo em que ocorre oxidação para o eletrodo em que ocorre redução. Como na reação espontânea da pilha o $\text{Zn}_{(s)}$ sofre oxidação e o $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ sofre redução, pode-se concluir que:



3. Quando as soluções apresentam concentrações iguais a $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$, os potenciais de redução do cobre e do zinco são:

$$E_{\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}} = +0,25 \text{ V}$$

$$E_{\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}} = -0,85 \text{ V}$$

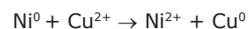
Assim, a força eletromotriz da pilha é calculada da seguinte forma:

$$\begin{aligned}\Delta E &= E_{\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}} - E_{\text{Zn}^{2+} / \text{Zn}} \\ \Delta E &= +0,25 \text{ V} - (-0,85 \text{ V}) \\ \Delta E &= +1,10 \text{ V}\end{aligned}$$

4. Pela análise dos gráficos, percebe-se que, com o aumento da concentração da solução de $\text{CuSO}_{4(aq)}$ e com a diminuição da concentração da solução de $\text{ZnSO}_{4(aq)}$, o potencial de redução do cobre aumenta e o do zinco diminui. Como a força eletromotriz da pilha é calculada subtraindo-se o potencial de redução do zinco do potencial de redução do cobre, conclui-se que a nova pilha tem força eletromotriz maior que aquela calculada no item 3.

Questão 05

Comentário: De acordo com o enunciado da questão, o eletrodo de níquel ficou mais leve após o processamento da reação. Sendo assim, pode-se concluir que o eletrodo de níquel sofreu oxidação e, por isso, foi desgastado. Portanto, o eletrodo de cobre sofre redução. A equação da reação que ocorre na pilha descrita no enunciado da questão é a seguinte:



O potencial da semicélula de níquel é calculada pela expressão:

$$\begin{aligned}\Delta E^\circ &= E^\circ_{\text{reduz}} - E^\circ_{\text{oxida}} \\ 0,59 \text{ V} &= 0,34 \text{ V} - x \\ x &= -0,25 \text{ V}\end{aligned}$$

O eletrodo de cobre é o cátodo, pois nele se encontra a espécie que recebe elétrons e sofre redução. O eletrodo de níquel é o ânodo, uma vez que doa elétrons e sofre oxidação.

Questão 06 – Letra E

Comentário: Para cada alternativa, temos:

A) Incorreta. Analisando a reação global da bateria, percebe-se que o Zn metálico sofreu oxidação no ânodo, pois teve o NOx alterado de 0 para 2+. Logo, é agente redutor da reação porque induz a redução de outra espécie química.

- B) Incorreta. O manganês sofre redução no cátodo, ao receber dois elétrons e ter alteração em seu NOx de 4+ para 2+.
- C) Incorreta. O manganês é a espécie que sofre redução no cátodo ao receber dois elétrons. Portanto, não é o composto MnO_2 que reduz.
- D) Incorreta. O zinco metálico é o agente redutor da reação, pois sofreu oxidação do ânodo perdendo dois elétrons. Dessa forma, o zinco induz a redução do Mn^{4+} para Mn^{2+} .
- E) Correta. O zinco metálico é o agente redutor da reação, pois sofre oxidação do ânodo da bateria e perde dois elétrons no processo.

Questão 07 – Letra A

Comentário: Com os dados da tabela no enunciado da questão, é possível afirmar que a ordem de reatividade dos metais é $Zn > Fe > Pb$, pois o Zn reagiu em duas soluções, o Fe reagiu em uma solução e o Pb não reagiu. Isto significa que em uma pilha feita com o metal Cu e o metal X, a tendência de ocorrer reação será maior quando X for o metal Zn. Dessa forma, a força eletromotriz da pilha será maior quanto maior for a reatividade entre os metais. Portanto, o valor de ddp da pilha com Zn é 1,07 V, da pilha com Fe é 0,75 V e da pilha com o Pb é 0,44 V.

Questão 08 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Verdadeira. Na pilha ocorre uma reação espontânea, em que as reações químicas se transformam em energia elétrica. Na eletrólise ocorre o processo oposto, no qual a energia elétrica é necessária para a ocorrência das reações químicas.
- B) Falsa. Na reação 1 há a oxidação do H_2 , pois ocorre a variação do NOx de 0 para +1. Essa reação é a que ocorre no ânodo da célula de combustível.
- C) Falsa. As células de combustível produzem energia em corrente contínua, pois o fluxo de elétrons flui em apenas uma direção.
- D) Falsa. A célula de combustível transforma a energia química proveniente das reações químicas em energia elétrica, enquanto os conversores termiônicos transformam energia em forma de calor em energia elétrica.

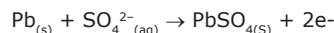
Questão 09 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Falsa. A ponte-salina contém uma solução salina aquosa e sua função é manter o equilíbrio elétrico das cargas nos dois eletrodos.
- II. Verdadeira. O cátodo é o eletrodo da pilha em que ocorre redução, enquanto o ânodo é o eletrodo da pilha que sofre oxidação.
- III. Falsa. O eletrodo da notação é a platina (Pt). O hidrogênio é o eletrodo-padrão que atua como cátodo ou ânodo, dependendo da espécie com que reage. Nesse caso, o hidrogênio atua como ânodo e a platina como cátodo.

- IV. Verdadeira. De acordo com a equação global da bateria de chumbo, forma-se sulfato de chumbo ($PbSO_4$) e dióxido de chumbo (PbO_2):

Semirreação anódica:



Semirreação catódica:



Reação global:



- V. Verdadeira. A pilha alcalina e de Leclanché apresentam funcionamento semelhante. A modificação se dá no fato de que a pilha de Leclanché é ácida devido a hidrólise do cloreto de amônio, enquanto a pilha alcalina é básica devido ao hidróxido de potássio utilizado na semirreação.

Questão 10 – Letra A

Comentário: O esquema representa uma pilha de combustível. O eletrodo A corresponde ao cátodo, onde ocorre a redução do gás oxigênio (O_2), e o eletrodo B corresponde ao ânodo, onde ocorre a oxidação do gás hidrogênio (H_2). As equações correspondentes a essas semirreações, bem como a equação global, estão representadas a seguir:



Portanto, conclui-se que os círculos (•) correspondem ao íon O^{2-} . No fio condutor, o fluxo de elétrons ocorre do eletrodo onde ocorre a oxidação, eletrodo B, para o eletrodo onde ocorre a redução, eletrodo A. Assim, a corrente elétrica flui de A para B, pois o sentido da corrente elétrica convencional é contrário ao sentido do fluxo de elétrons.

Questão 11 – Letra B

Comentário: Para cada alternativa, temos:

- A) Incorreta. Em qualquer pilha, bateria ou célula de combustível, o movimento dos elétrons sempre ocorre do ânodo em direção ao cátodo, pois o potencial do eletrodo do cátodo é maior que o potencial do eletrodo do ânodo.
- B) Correta. A força eletromotriz da célula é 1,229 V, pois:

$$\begin{aligned} \Delta E^\circ &= E^\circ_{\text{reduz}} - E^\circ_{\text{oxida}} \\ \Delta E^\circ &= +0,401 - (-0,828) \\ \Delta E^\circ &= +1,229 \text{ V} \end{aligned}$$

- C) Incorreta. As células de combustíveis podem ter os reagentes dos eletrodos continuamente repostos, o que evita a interrupção de corrente elétrica devido ao consumo dos reagentes.
- D) Incorreta. O potencial padrão da célula de hidrogênio é 0,828 V, a uma concentração de 1,0 mol/L e 1 atm de pressão.
- E) Incorreta. A reação anódica é $2H_{2(g)} + 4OH^-_{(aq)} \rightarrow 4H_2O_{(l)} + 4e^-$, pois ocorre a oxidação do hidrogênio, enquanto a reação catódica é $O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(aq)}$ porque o oxigênio sofre redução.

Questão 12 – Letra A

Comentário: A finalidade de ligar pilhas em série é a de aumentar a d.d.p. disponível para ser utilizada em outros processos. Assim, três pilhas ligadas em série disponibilizam um potencial total igual à soma das diferenças de potencial de cada pilha separadamente.

$$d.d.p._{total} = d.d.p._1 + d.d.p._2 + d.d.p._3$$

Se temos a d.d.p. total e a d.d.p. de duas pilhas, podemos encontrar a d.d.p. da terceira pilha por meio dos seguintes cálculos:

$$d.d.p._3 = d.d.p._{total} - d.d.p._1 - d.d.p._2$$

$$d.d.p._3 = 2,35 - 0,54 - 1,16$$

$$d.d.p._3 = 0,65 \text{ V}$$

Questão 13 – Letra D

Comentário: A partir do funcionamento da bateria descrito no enunciado da questão, pode-se concluir que ocorre a redução do eletrodo de Sn/C. No processo de recarga na bateria há a inversão dessas reações.

Questão 14 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Durante a descarga da bateria, o cobalto sofre redução por apresentar o NOx variando de +4 no CoO_2 para +3 no LiCoO_2 .
- B) Incorreta. Na descarga da bateria, o cobalto recebe elétrons e sofre redução. Já na recarga da bateria, perde elétrons e sofre oxidação.
- C) Correta. O cátodo sofre redução devido ao ganho de elétrons e, portanto, representa o cátodo da bateria.
- D) Incorreta. A movimentação dos íons Li^+ no sentido do cátodo ocorre devido a atração eletrostática entre o íon positivo e as cargas negativas constituintes da corrente elétrica.
- E) Incorreta. O solvente utilizado na bateria deve ser um líquido polar para facilitar a solubilização dos íons Li^+ na solução.

Seção Enem**Questão 01 – Letra D**

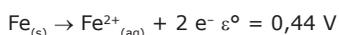
Eixo cognitivo: III

Competência de área: 7

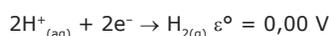
Habilidade: 24

Comentário: A suposta pilha pode ser representada pelas seguintes semiequações químicas:

Semiequação da oxidação (ânodo):



Semiequação da redução (cátodo):



Na descarga da pilha, elétrons provenientes da oxidação do ferro se dirigem para o tubo de cobre onde ocorre a redução de íons hidrogênio presente no ácido.

Questão 02 – Letra B

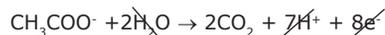
Eixo cognitivo: II

Competência de área: 2

Habilidade: 5

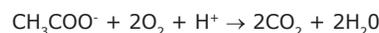
Comentário: Para que o processo de oxirredução seja espontâneo, o O_2 deve reduzir e o acetado (CH_3COO^-) deve oxidar:

- Semiequação anódica:



$$E^\circ_{\text{oxi}} = +0,3 \text{ V}$$

- Semiequação catódica:



$$\Delta E^\circ = +1,1 \text{ V}$$

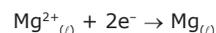
Ao ligar pilhas em série, deve-se somar os potenciais de cada pilha, logo são necessárias, no mínimo, 4 pilhas para se chegar a 4,4 V.

MÓDULO – B 22**Eletrólises e Leis de Faraday****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Letra D**

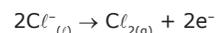
Comentário: O processo de eletrólise não é espontâneo, pois é realizado com a utilização de uma fonte externa que fornece uma quantidade de energia maior que a diferença de potencial da reação eletroquímica não espontânea que se deseja processar, o que torna incorreta a alternativa A.

A eletrólise ígnea do cloreto de magnésio pode ser representada pelas seguintes semiequações:

Semiequação de redução (cátodo – polo negativo):



Semiequação de oxidação (ânodo – polo positivo):



Portanto, nesse processo ocorre a oxidação dos íons cloreto no ânodo e a redução dos íons magnésio no cátodo, produzindo magnésio metálico e gás cloro, o que torna incorretas as alternativas B e C e correta a alternativa D.

Questão 02 – Letra C

Comentário: A eletrólise ígnea do cloreto de sódio pode ser representada pelas seguintes semiequações:

Semiequação de redução (cátodo): $\text{Na}^+_{(l)} + e^- \rightarrow \text{Na}_{(l)}$

Semiequação de oxidação (ânodo): $\text{Cl}^-_{(l)} \rightarrow \frac{1}{2}\text{Cl}_{2(g)} + e^-$

Logo, forma-se sódio metálico no cátodo e cloro gasoso no ânodo.

Questão 03 – Letra D

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O processo de produção de magnésio metálico a partir do sal cloreto de magnésio não é espontâneo, pois é necessário o fornecimento de energia elétrica de uma fonte externa para que a eletrólise ocorra. A aplicação de energia de fonte externa se faz necessária quando a diferença de potencial do sistema proposto é menor que zero, indicando um processo não espontâneo.
- B) Incorreta. No processo de eletrólise ígnea do $MgCl_2$, os íons a serem descarregados nos eletrodos serão o Mg^{2+} e Cl^- oriundos do processo de fusão desse sal. Assim, em um processo de oxidação no ânodo, os íons cloreto serão transformados em gás cloro fornecendo elétrons para a fonte de energia. Logo, para que haja a atração desses íons é necessário que o ânodo possua carga positiva, ou seja, que esteja ligado ao polo positivo da fonte.
- C) Incorreta. No ânodo ocorre a oxidação dos íons cloreto conforme representa a equação a seguir:



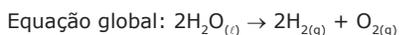
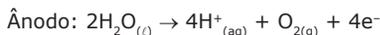
- D) Correta. Conforme o comentário anterior, o gás cloro é formado no ânodo da cuba eletrolítica por meio do processo de oxidação. No cátodo, onde ocorre o processo de redução, o íon magnésio receberá elétrons para se transformar em magnésio metálico conforme é mostrado na equação a seguir:



Questão 04

Comentário:

- A) A eletrólise da água pode ser representada por uma equação global, obtida a partir das semirreações que ocorrem nos eletrodos.

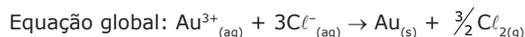
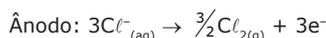
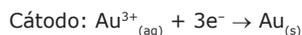


- De acordo com a equação global balanceada anterior, a quantidade de matéria de $H_{2(g)}$ produzida é o dobro da quantidade de matéria de $O_{2(g)}$. Logo, pelo Princípio de Avogadro, o volume de $H_{2(g)}$ é o dobro do volume de $O_{2(g)}$. Conclui-se que o tubo I contém $H_{2(g)}$ e o tubo II contém $O_{2(g)}$.
- B) De acordo com as semirreações e com o item anterior, o $O_{2(g)}$ é produzido no ânodo (polo positivo) pela oxidação da água. Logo, o polo positivo está conectado ao tubo II.
- C) A quantidade de matéria de $H_{2(g)}$ no tubo I é duas vezes maior que a quantidade de matéria de $O_{2(g)}$ no tubo II. Porém, a massa molar do O_2 ($32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) é 16 vezes maior do que a massa molar do H_2 ($2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$). Dessa forma, a massa de gás no tubo II é maior do que a massa de gás no tubo I.

Questão 05

Comentário:

- A) A reação global do processo de eletrólise pode ser obtida a partir das semirreações de redução (formação de ouro a partir do cátion ouro (III)) e de oxidação (formação de cloro a partir do ânion cloreto):



- B) A deposição de 1 mol de ouro consome 3 mol de elétrons, conforme a seguinte equação:



Sabendo-se que a massa molar do ouro é $197 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ e que a carga de 1 mol de elétron é $96\,500 \text{ C}$, tem-se:

$$3 \text{ mol de } e^- \text{ — } 1 \text{ mol Au}$$

$$3 \cdot 96\,500 \text{ C — } 197 \text{ g de Au}$$

$$Q \text{ — } 6 \text{ g de Au}$$

$$Q = 8\,817,25 \text{ C}$$

Sabendo-se que a corrente permaneceu constante durante o processo ($i = 2,5 \text{ A}$), tem-se:

$$Q = i \cdot t$$

$$8\,817,25 \text{ C} = 2,5 \text{ A} \cdot t$$

$$t = 3\,526,9 \text{ s ou } t = 58,8 \text{ min}$$

Questão 06 – Letra B

Comentário: Utilizando a definição de corrente elétrica como sendo carga elétrica, em coulombs, por tempo em segundos temos:

$$Q = i \cdot t$$

$$Q = 150 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 60$$

$$Q = 18 \text{ coulombs}$$

Como 1 Faraday ou $96\,500 \text{ coulombs}$ é a carga necessária para transportar um mol de elétrons temos:

$$6 \cdot 10^{23} \text{ elétrons — } 96\,500 \text{ C}$$

$$x \text{ elétrons — } 18 \text{ C}$$

$$x = 1,12 \cdot 10^{20} \text{ elétrons}$$

Logo, em um intervalo de tempo de 2 minutos atravessam, o peito do paciente $1,12 \cdot 10^{20}$ elétrons.

Questão 07 – Letra D

Comentário: Considerando que a eletrólise do ácido sulfúrico foi realizada com a aplicação de uma corrente de $0,2 \text{ A}$ por 965 segundos por uma fonte externa podemos calcular a carga elétrica envolvida:

$$Q = i \cdot t$$

$$Q = 0,2 \cdot 965$$

$$Q = 193 \text{ Coulombs}$$

Considerando que 96 500 C é a carga transportada por 1 mol de elétrons temos:

$$1 \text{ mol elétrons} \text{ — } 96 \ 500 \text{ C}$$

$$x \text{ elétrons} \text{ — } 193 \text{ C}$$

$$x = 0,002 \text{ mol de elétrons}$$

A reação de redução dos íons H^+ na eletrólise do ácido pode ser representada pela seguinte reação balanceada:



Pela estequiometria da reação 2 mol de elétrons produzem 1 mol de H_2 . Assim, 0,002 mol de elétrons produzem 0,001 mol de H_2 . Como 1 mol de gás ocupa um volume de 25 000 mL temos:

$$1 \text{ mol} \text{ — } 25 \ 000 \text{ mL}$$

$$0,001 \text{ mol} \text{ — } x$$

$$X = 25,0 \text{ mL}$$

Questão 08 – Letra B

Comentário: A quantidade de elétrons que deve chegar ao cátodo para a deposição de 0,52 g de cobre é determinada pelos coeficientes da equação $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$. A carga elétrica de 1 mol de elétrons equivale a 96 500 C. Logo, tem-se a seguinte relação:

$$2 \cdot 96 \ 500 \text{ C} \text{ — } 52 \text{ g Cu}$$

$$x \text{ — } 0,52 \text{ g Cu}$$

$$x = 1 \ 930 \text{ C}$$

Pela Lei de Faraday, temos que $Q = i \cdot \Delta t$. Substituindo os valores da carga Q e da corrente i nessa expressão, obtém-se o tempo necessário para que seja depositada na chave 0,52 g de Cu.

$$Q = i \cdot \Delta t$$

$$1930 = 15,2 \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = 127 \text{ s}$$

$$\Delta t = 2 \text{ min}$$

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra B

Comentário: Analisando cada uma das alternativas, temos:

- A) Incorreto. A galvanoplastia é um processo eletrolítico e, portanto, não espontâneo no qual utiliza-se energia elétrica para o revestimento das peças metálicas.
- B) Correto. Na galvanoplastia, uma peça metálica é revestida superficialmente por uma camada de outro metal, geralmente mais nobre. Esse processo é possível por meio da eletrólise aquosa do sal do metal que se deseja depositar sobre a peça.
- C) Incorreto. A galvanoplastia é um fenômeno químico, que envolve reações de oxidação e redução, alterando a estrutura do metal que se quer recobrir.
- D) Incorreto. A peça metálica atuará como cátodo da reação, que é o eletrodo de sinal negativo.

Questão 02 – Letra B

Comentário: Analisando cada uma das afirmativas, temos:

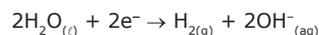
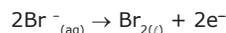
- I. Verdadeiro. No processo de refino do cobre descrito na figura, o cobre impuro sofre oxidação no ânodo e o cátodo da célula é constituído por uma folha de cobre puro, que sofre redução.
- II. Falso. Em qualquer processo de eletrólise, é necessário a aplicação de determinada quantidade de energia elétrica para o processamento de uma reação química.
- III. Verdadeiro. Nos processos eletrolíticos as reações químicas não são espontâneas, pois necessita-se da aplicação de corrente elétrica externa para que ocorra a reação química desejada.
- IV. Verdadeiro. No cátodo ocorre a redução dos íons Cu^{2+} em cobre metálico, de acordo com a semirreação $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$.

Questão 03 – Letra E

Comentário: A espécie Br_2 foi formada por meio da oxidação dos íons Br^- presentes na solução, resultando no aparecimento de uma coloração amarelo-laranja em um dos eletrodos. Entretanto, tanto na pilha quanto na eletrólise as reações de oxidação ocorrem na superfície do ânodo e não do cátodo, o que torna as alternativas A e C incorretas.

A formação de gás, por sua vez, é resultante de um processo de redução, que ocorre na superfície do cátodo, o que torna a alternativa B incorreta. Dentre as espécies possivelmente presentes, a única capaz de sofrer redução e formar um gás é o hidrogênio da molécula de água.

Os processos de oxidação e redução descritos anteriormente podem ser representados pelas seguintes equações:



Nota-se que na eletrólise ocorrida há formação de íons OH^- e, conseqüentemente, há um aumento progressivo do pH, o que torna a alternativa D incorreta. Os íons Na^+ são espécies presentes na solução aquosa e, como há a produção de íons OH^- , pode-se obter o hidróxido de sódio como produto secundário ao fim dessa eletrólise.

Questão 04 – Letra B

Comentário: A reação de oxirredução de formação da água que se processa na célula a combustível libera 240 kJ por mol de H_2 consumido. Como o conteúdo energético liberado pela célula no tempo de 10 minutos foi de 4,8 kJ de energia podemos calcular a quantidade em mol de gás hidrogênio consumido:

$$240 \text{ kJ liberados} \text{ — } 1 \text{ mol de } \text{H}_2 \text{ consumido}$$

$$4,8 \text{ kJ liberados} \text{ — } x$$

$$X = 0,02 \text{ mol de } \text{H}_2 \text{ consumido}$$

A reação de formação da água envolve a transferência de 2 elétrons dos átomos de hidrogênio para o átomo de oxigênio.

Assim, o consumo de 1 mol de H_2 envolve a transferência de 2 mol de elétrons. Logo, o consumo de 0,02 mol de H_2 envolve a transferência de 0,04 mol de elétrons. Sabendo que a carga de 96 500 C é a transportada por 1 mol de elétrons temos:

$$\begin{aligned} 96\,500\text{ C} &\text{--- } 1\text{ mol de } e^- \\ x\text{ C} &\text{--- } 0,04\text{ mol de } e^- \\ x &= 3\,860\text{ C} \end{aligned}$$

Assim, podemos calcular a corrente elétrica envolvida nesse processo:

$$i = \frac{Q}{t}$$

$$i = \frac{3\,860}{10 \cdot 60}$$

$$i = 6,43\text{ ampères}$$

Questão 05

Comentário: Pela Lei de Faraday, temos que:

$$\begin{aligned} Q &= i \cdot \Delta t \\ Q &= 5 \cdot (10 \cdot 3600) \\ Q &= 180\,000\text{ C} \end{aligned}$$

Para determinar o volume de cloro produzido, é necessário primeiro determinar a massa de cloro envolvida no processo. Sabendo que massa molar do Cl_2 é 71 g/mol e que a carga elétrica de 1 mol de elétrons é 96 500 C, tem-se que:

$$\begin{aligned} Cl_2 &\rightarrow Cl + 2e^- \\ 71\text{ g } Cl_2 &\text{--- } 2 \cdot 96\,500\text{ C} \\ x &\text{--- } 180\,000\text{ C} \\ x &= 66,22\text{ g de } Cl_2 \end{aligned}$$

Essa quantidade em gramas equivale à 0,9 mol, pois:

$$\begin{aligned} 71\text{ g } Cl_2 &\text{--- } 1\text{ mol} \\ 66,22\text{ g } Cl_2 &\text{--- } y \\ y &= 0,93\text{ mol} \end{aligned}$$

Considerando o gás cloro com o comportamento de um gás ideal e que $17^\circ\text{C} = 290\text{ K}$, pode-se assumir a seguinte relação:

$$\begin{aligned} PV &= nRT \\ 1V &= 0,93 \cdot 0,082 \cdot 290 \\ V &= 22,1\text{ L} \end{aligned}$$

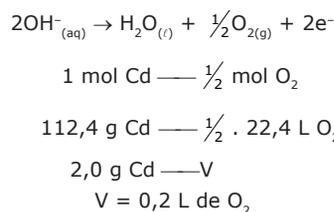
Questão 06

Comentário:

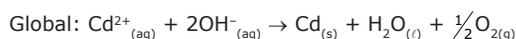
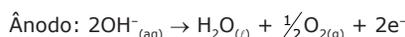
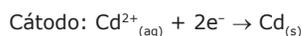
A) A estequiometria desse processo deve ser feita levando-se em consideração a equação de redução do íon Cd^{2+} .

$$\begin{aligned} Cd^{2+}_{(aq)} + 2e^- &\rightarrow Cd_{(s)} \\ M(Cd) &= 112,4\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ 2\text{ mol } e^- &\text{--- } 1\text{ mol Cd} \\ 2 \cdot 96\,500\text{ C} &\text{--- } 112,4\text{ g Cd} \\ Q &\text{--- } 2,0\text{ g Cd} \\ Q &= 3\,434,2\text{ C} \\ Q &= i \cdot t \\ i &= \frac{3\,434,2\text{ C}}{60\text{ s}} \\ i &= 57,2\text{ A} \end{aligned}$$

Para se determinar o volume de $O_{2(g)}$ produzido, nas condições padrão, deve-se considerar a semirreação de oxidação.

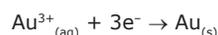


B) O processo eletroquímico pode ser representado por:



Questão 07 – Letra D

Comentário: A redução dos íons Au^{3+} pode ser representada pela seguinte equação:



Para cada mol de ouro metálico depositado são necessários três mol de elétrons.

Empregando-se uma corrente elétrica de 10 A, a carga elétrica utilizada para eletrolisar certa quantidade de ouro durante 482,5 minutos (28 950 segundos) é igual a:

$$\begin{aligned} Q &= i \cdot t \\ Q &= 10\text{ A} \cdot 28\,950\text{ s} \\ Q &= 289\,500\text{ C} \end{aligned}$$

De acordo com a Primeira Lei de Faraday, a massa de uma dada substância obtida em um processo eletroquímico é diretamente proporcional à quantidade de carga que percorre o sistema. Para cada mol de elétrons envolvidos em um processo eletroquímico, são utilizados 96 500 C de carga elétrica.

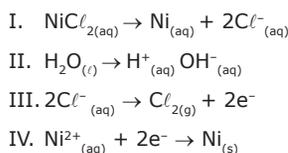
Para a obtenção de um mol de ouro metálico (197 g), são necessários três mol de elétrons. Dessa forma, a massa de ouro purificado obtido é igual a:

$$\begin{aligned} 3\text{ mol de } e^- &\text{--- } 1\text{ mol de Au} \\ 3 \cdot 96\,500\text{ C} &\text{--- } 197\text{ g de Au} \\ 289\,500\text{ C} &\text{--- } x \\ x &= 197\text{ g de Au} \end{aligned}$$

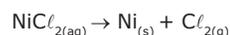
Questão 08

Comentário:

A) As equações envolvidas na eletrólise aquosa do cloreto de níquel (II) são representadas da seguinte maneira:



Observa-se, portanto, que a água é utilizada apenas para dissociar o sal, sendo a reação global a seguinte:



Cálculo da corrente elétrica:

$$59 \text{ g} \text{ — } 2 \cdot 96 \text{ 500 C}$$

$$30 \text{ g} \text{ — } Q$$

$$Q = \frac{30 \cdot 2 \cdot 96 \text{ 500}}{59}$$

$$Q = i \cdot t$$

$$i = 26,8 \text{ A}$$

- B) Cálculo da massa de NiCl_2 com excesso de 50% que foi depositada:

$$130 \text{ g} \text{ — } 59 \text{ g}$$

$$x \text{ — } 30 \text{ g}$$

$$x = 66,10 \text{ g}$$

$$66,10 \text{ g} \text{ — } 100\%$$

$$y \text{ — } 150\%$$

$$y = 99,15$$

Questão 09

Comentário: Para cada alternativa, temos que:

- A) Na placa que sofreu perda de massa houve de oxidação, devido à perda de elétrons. Em contrapartida, na placa que sofreu ganho de massa ocorreu a reação de redução, pois houve ganho de elétrons.
- B) O eletrodo que perdeu elétrons e sofreu oxidação pode ser descrito pela equação $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$. A massa molar do zinco é de aproximadamente 65,4 g/mol e pela estequiometria da reação temos:

$$2 \text{ mol e}^- \text{ — } 65,4 \text{ g Zn}$$

$$x \text{ — } 0,0327 \text{ g Zn}$$

$$x = 0,001 \text{ mol de e}^-$$

- C) Pela Lei de Faraday, pode-se calcular Q.

$$Q = i \cdot \Delta t$$

$$Q = 0,050 \cdot 1920\text{s}$$

$$Q = 96 \text{ C}$$

A carga de um elétron é obtida considerando que 1 mol possui $6,0 \cdot 10^{23}$ elétrons e construindo a seguinte relação:

$$96 \text{ C} \text{ — } 0,001 \cdot 6,0 \cdot 10^{23} \text{ e}^-$$

$$y \text{ — } 1\text{e}^-$$

$$y = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Questão 10 – Letra D

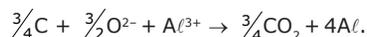
Comentário: A equação global balanceada do processo de produção de alumínio é:

Semirreação anódica (polo positivo): $\text{C} + 2\text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{e}^-$ (x3)

Semirreação catódica (polo negativo): $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$ (x4)

Equação global: $3\text{C} + 6\text{O}^{2-} + 4\text{Al}^{3+} \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{Al}$.

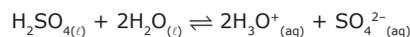
Para cada mol de Al formado, são formados também $\frac{3}{4}$ mol de CO_2 , de acordo com o balanceamento da equação:



O polo negativo da cuba eletrolítica é o cátodo, onde ocorre a reação de redução do Al .

Questão 11 – Letra C

Comentário: A dissolução de ácido sulfúrico em água produz uma solução eletrolítica, devido à ionização desse ácido.



Na eletrólise da água acidulada, o cátion H_3O^+ se descarrega no cátodo e o ânion OH^- se descarrega no ânodo, conforme as seguintes reações:

Semiequação catódica: $2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

Semiequação anódica: $2\text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} + 2\text{e}^-$

Equação global: $2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + 2\text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow \text{H}_{2(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- A) Correta. O tubo I está conectado ao polo negativo, o cátodo, onde ocorre a redução dos íons H_3O^+ com a formação de hidrogênio gasoso. A vaporização da água no tubo produz certa quantidade de vapor de água que, associada ao hidrogênio produzido por eletrólise, forma uma mistura gasosa.
- B) Correta. Conforme a equação global do processo, para cada mol de hidrogênio produzido, é formado meio mol de oxigênio.
- C) Incorreta. O ácido sulfúrico não é consumido durante o processo, pois os íons hidrônios gerados pela ionização desse ácido, e consumidos nesse processo, são regenerados pelo deslocamento do equilíbrio de autoionização da água.
- D) Correta. Os íons gerados pela dissociação do nitrato de sódio (Na^+ e NO_3^-) perdem a competição, pela descarga nos eletrodos, para os íons da água. Nesse caso, a eletrólise acontece da mesma maneira que na eletrólise da água acidulada.
- E) Correta. Considerando-se a temperatura constante, tem-se:

No recipiente I:

$$p_I \cdot V_I = n_I \cdot R \cdot T$$

$$p_I \cdot 20 = n(\text{H}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)}) \cdot R \cdot T \quad (\text{equação 1})$$

No recipiente II:

$$p_{II} \cdot V_{II} = n_{II} \cdot R \cdot T$$

$$p_{II} \cdot 10 = n(\text{O}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)}) \cdot R \cdot T \quad (\text{equação 2})$$

Como a quantidade de água vaporizada é proporcional ao volume sobre a superfície da água, tem-se:

$$n(\text{H}_2\text{O}_{(v)})_I = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O}_{(v)})_{II}$$

Como a quantidade de gás hidrogênio produzido no cátodo é o dobro da quantidade de oxigênio produzido no ânodo, tem-se:

$$n(\text{H}_{2(g)})_I = 2 \cdot n(\text{O}_{2(g)})_{II}$$

Portanto,

$$n(\text{H}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)})_I = 2 \cdot n(\text{O}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)})_{II}$$

Dividindo-se a equação 1 pela equação 2, tem-se:

$$\frac{p_I \cdot 20}{p_{II} \cdot 10} = \frac{n(\text{H}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)}) \cdot R \cdot T}{n(\text{O}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)}) \cdot R \cdot T}$$

$$\frac{p_I \cdot 20}{p_{II} \cdot 10} = \frac{2 \cdot n(\text{O}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)}) \cdot R \cdot T}{n(\text{O}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(v)}) \cdot R \cdot T}$$

$$\frac{p_I \cdot 20}{p_{II} \cdot 10} = 2 \Rightarrow p_I = p_{II}$$

Seção Enem

Questão 01 – Letra D

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 17

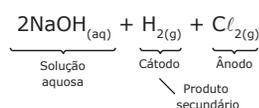
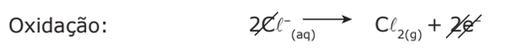
Comentário: As equações envolvidas na eletrólise aquosa do NaCl são:

Eletrólise aquosa do NaCl

1ª Etapa: dissociação iônica do NaCl



2ª Etapa:



Questão 02 – Letra E

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: A eletrólise da bauxita para a produção de alumínio metálico é feita com o óxido Al_2O_3 fundido com o intuito do cátion Al^{3+} estar livre no meio eletrolítico. Assim, no cátodo é formado o alumínio metálico através da reação de redução dos íons alumínio ao passo que no ânodo de grafita ocorre a oxidação do carbono com formação de gás carbônico. Assim, a formação do metal de interesse ocorre no cátodo, dentro da caixa de aço, e o fluxo de elétrons é estabelecido das barras de grafita para essa caixa.

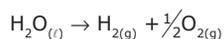
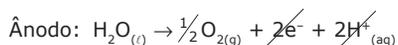
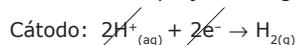
Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: II

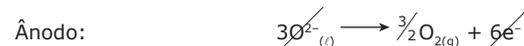
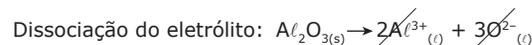
Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: O fragmento do romance relata o processo de eletrólise da água, em que tal substância é decomposta em $\text{H}_{2(g)}$ (que se forma no cátodo) e $\text{O}_{2(g)}$ (que se forma no ânodo), conforme as equações a seguir:



A obtenção de alumínio a partir da bauxita segue o mesmo princípio do método apresentado no fragmento do romance, ou seja, é também uma eletrólise, porém ígnea. As semiequações que representam o processo, bem como a equação global, estão mostradas a seguir:



MÓDULO – B 23

Propriedades Coligativas

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra D

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. O líquido que apresenta maior volatilidade é aquele que apresenta maior pressão de vapor nas condições de temperatura e pressão consideradas. Nesse caso, na pressão de 760 mmHg e à temperatura ambiente, o líquido que apresenta maior pressão de vapor é o líquido A, logo é o líquido mais volátil.
- II. Correta. O líquido A é o mais volátil por apresentar maior pressão de vapor se comparado com os demais líquidos. Dessa forma, as forças intermoleculares entre as moléculas nesse líquido são mais fracas pelo fato de essas conseguirem passar para a fase gasosa mais facilmente.
- III. Incorreta. Para um líquido entrar em ebulição é necessário que a pressão de vapor se iguale à pressão atmosférica local. Se considerarmos a nível do mar, onde a pressão atmosférica é de 760 mmHg, verificamos no gráfico que o líquido C apresentará esse valor de pressão de vapor a uma maior temperatura. Assim, o líquido C tem o maior ponto de fusão se comparado com os demais líquidos.
- IV. Correta. Quando adiciona-se um soluto não volátil a um líquido puro aumenta o número de partículas dispersas nesse líquido e, conseqüentemente, aumenta a entropia desse sistema. Com isso, a variação da energia livre de Gibbs diminui promovendo uma maior estabilidade do sistema. Portanto, a pressão de vapor do líquido diminui fazendo com que as moléculas do solvente necessitem de mais energia para escapar para a fase gasosa, aumentando o ponto de ebulição do solvente.

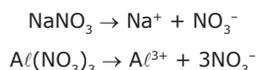
Questão 02 – Letra A

Comentário: Quanto maior a altitude de um local, menor é a camada de ar exercendo pressão naquela região (pressão atmosférica). Ao ser aquecido, o etanol entra em ebulição em uma certa temperatura em que sua pressão de vapor se iguala à pressão atmosférica. Como no Pico da Neblina a pressão exercida pela atmosfera é menor, mais facilmente as moléculas do líquido passam para o estado vapor, fazendo com que a temperatura necessária para a mudança de fase seja menor.

Questão 03 – Letra A

Comentário: A adição de um soluto não volátil em uma determinada quantidade de solvente puro provoca a diminuição da pressão de vapor deste, dificultando o processo de ebulição. Isso ocorre devido ao aumento da entropia do sistema, diminuindo a energia livre de Gibbs, aumentando a estabilidade do sistema. Assim, quanto maior a quantidade de partículas presentes na solução, menor será a pressão de vapor do solvente e maior será a sua temperatura de ebulição.

A dissolução de 1 mol de glicose fornece 1 mol de partículas dispersas já que essa substância é molecular e não se dissocia ao ser dissolvida. Já o nitrato de sódio e o nitrato de alumínio são compostos iônicos que, quando dissolvidos, originam íons em solução, conforme as equações de dissociação a seguir:



A dissolução de 1 mol de nitrato de sódio fornece 2 mol de íons e a dissolução de 1 mol de nitrato de alumínio fornece 4 mol de íons. Assim, a solução com maior pressão de vapor será a de glicose, que possui menor quantidade de partículas dispersas e a solução com maior temperatura de ebulição será a de nitrato de alumínio, pois esta possui maior número de partículas em solução.

Questão 04 – Letra A

Comentário: A variação da temperatura de ebulição provocada pela dissolução do soluto não volátil independe da natureza química do soluto, dependendo, apenas, da quantidade de partículas dissolvidas. Assim, para a mesma concentração, o efeito coligativo provocado nas soluções contendo solutos iônicos é maior do que em soluções de solutos moleculares.

Questão 05 – Letra B

Comentário: No radiador do carro ocorre a troca térmica entre o motor e o ambiente por meio da circulação de água em uma serpentina. A água quente vinda do motor circula em uma tubulação metálica onde troca calor com o ambiente a fim de abaixar sua temperatura. Logo, é imprescindível que a água se mantenha no estado líquido independente da temperatura ambiente. A adição de anticongelantes como o etilenoglicol aumenta a faixa que a água encontra-se no estado líquido, diminuindo sua temperatura de fusão e aumentando sua temperatura de ebulição. Isso porque a adição de um soluto não volátil aumenta a estabilidade da molécula de água na solução, requerendo mais energia para vaporizar por exemplo.

Questão 06 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. Considerando que o efeito refrigerante da solução formada consiste na adição de solutos não voláteis na água que tem o efeito de abaixar a temperatura de fusão e resfriar mais rapidamente as bebidas. Assim como o sal de cozinha, o açúcar também provoca essa alteração no sistema.
- II. Correta. A areia quando adicionada na água não se dissolve gerando partículas em solução. Ela se deposita no fundo do recipiente e não altera a composição química da água. Logo, a temperatura de fusão permanece 0 °C.
- III. Incorreta. Uma mistura de água, gelo e álcool possui duas fases (gelo e água + álcool) e dois componentes químicos: água e álcool.
- IV. Incorreta. Se adicionarmos as mesmas quantidades de sal grosso e sal fino em dois volumes da água iguais o efeito coligativo será o mesmo. O que causa esse efeito é o resultado da dissociação do sal e o número de partículas geradas e não a granulação do sal a ser dissolvido.

Questão 07 – Letra C

Comentário: A bebida isotônica tem a função de repor os nutrientes perdidos com a prática exaustiva de esportes ou em situações de perda excessiva de nutrientes por alguma disfunção do organismo. A concentração de sais nessa bebida é semelhante a existente no sangue motivo de se chamar isotônico. Assim, devido a essa característica, a capacidade de atravessar uma membrana semipermeável é a mesma para o isotônico e para o sangue (pressão osmótica) e a composição química dos sais também é similar, não apresentando cloreto de sódio em sua composição e sim outros sais como bicarbonato de sódio.

Questão 08 – Letra C

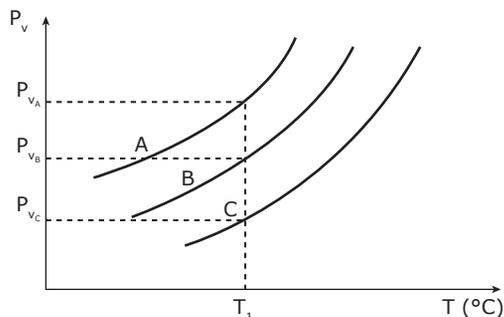
Comentário: A solução que possui a maior pressão osmótica é a mais concentrada, ou seja, a que possui como soluto o sal que gera maior número de partículas. Dentre as substâncias apresentadas (HCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, MgNO_3 , NaCl e KNO_3), o nitrato de magnésio é a que gera maior número de partículas e sua solução é a que apresenta maior concentração comparado ao solvente puro, considerando que a diferença de concentração é a força motriz para a diluição por pressão osmótica.

Exercícios Propostos**Questão 01 – Letra D**

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Ao se dissolver um soluto não volátil, como o NaCl , em um determinado solvente, ocorre um aumento da temperatura de ebulição devido a uma maior estabilidade do sistema em função do aumento da entropia. Portanto, maior quantidade de energia térmica é necessária para promover a igualdade entre a pressão de vapor e a pressão atmosférica.

- B) Incorreta. Conforme representado a seguir, fixando-se, por exemplo, a temperatura T_1 e analisando-se os valores das respectivas pressões de vapor dos líquidos A, B e C, observa-se que o líquido A apresenta a maior pressão de vapor a uma determinada temperatura.



- C) Incorreta. Para que um líquido entre em ebulição, seus vapores devem conseguir vencer a pressão da massa gasosa sobre o líquido que, em ambiente aberto, corresponde à pressão atmosférica (P_{atm}). Como o líquido C apresenta a menor pressão de vapor a uma determinada temperatura, maior quantidade de energia térmica será necessária para promover a igualdade entre a pressão de vapor e a pressão atmosférica. Assim, o líquido hipotético C apresentará a maior temperatura de ebulição.
- D) Correta. Quanto maior for a pressão de vapor de uma substância mais volátil ela será. Dessa forma, o líquido mais volátil, de acordo com o gráfico, é aquele com maior pressão de vapor a uma dada temperatura, ou seja, o líquido A.

Questão 02 – Letra D

Comentário: Analisando cada uma das afirmativas, temos:

- I. Correta. A cadeia do etanol é ligeiramente maior do que a cadeia do metanol. Logo, há mais interações de Van der Waals no etanol, o que confere maior temperatura de ebulição quando comparado ao metanol.
- II. Correta. De acordo com a análise gráfica, é possível ferver a água a 60 °C caso essa substância esteja submetida a uma pressão de 20 kPa.
- III. Correta. De acordo com a análise gráfica, aproximadamente a 50 °C ocorre a ebulição do dissulfeto de carbono, logo ele se encontra no estado líquido.

Questão 03 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Parte do vapor produzido durante o cozimento é retido no interior da panela, provocando um aumento da pressão sobre o líquido.
- B) Incorreta. A pressão exercida na parede da panela aumenta, pois, maior é a quantidade de moléculas de vapor de água exercendo pressão no interior da panela.
- C) Incorreta. A elevação da pressão interna provoca o aumento da pressão sobre a superfície do líquido, o que faz com que a temperatura de ebulição aumente e este permaneça no estado líquido por mais tempo.

- D) Incorreta. O líquido entra em ebulição quando sua pressão de vapor é igual à pressão atmosférica, em determinada temperatura. Na panela de pressão o aumento da temperatura de ebulição da água ocorre devido ao aumento da pressão interna.

- E) Correta. Nas panelas de pressão a temperatura de ebulição da água é superior à 100 °C, devido ao aumento da pressão provocado pelo vapor produzido durante o cozimento dos alimentos.

Questão 04 – Letra D

Comentário: Para que os cães consigam farejar, é necessário que as moléculas odoríferas cheguem aos seus narizes e interajam com os receptores olfativos. Para tanto, as substâncias odoríferas devem apresentar grande tendência a passar para o estado gasoso, ou seja, devem possuir elevada volatilidade. Como os cães conseguem farejar com mais facilidade o DNT, esse é um composto mais volátil que o TNT. O DNT também apresenta maior pressão de vapor nas condições de temperatura e pressão consideradas, pois o composto que apresenta maior volatilidade é aquele que apresenta maior pressão de vapor em tais condições.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Caso a pressão externa seja igual a 1 atm, a temperatura de ebulição é denominada ponto de ebulição normal. Como 1 atm corresponde a 760 torr, então 0,8 atm corresponde a 608 torr.

Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Para que os líquidos entrem em ebulição, é necessário que a pressão de vapor se iguale à pressão atmosférica. Na pressão especificada, essa condição é atingida em temperaturas diferentes para cada líquido e, dessa maneira, álcool etílico e água entrarão em ebulição em temperaturas diferentes.
- B) Incorreta. Sob uma pressão externa de 0,8 atm (608 torr) a água entrará em ebulição a aproximadamente 93 °C, temperatura superior à do ambiente.
- C) Incorreta. O ponto de ebulição normal da água corresponde a uma pressão de 760 torr, que equivale a 1 atm. Dessa maneira, a água alcançará esse ponto de ebulição caso a pressão acima do líquido seja superior a 0,8 atm.
- D) Correta. A temperatura em que a pressão de vapor do éter dietílico se iguale à pressão de 0,8 atm (608 torr) é aproximadamente 26 °C, temperatura próxima à do ambiente.

Questão 06 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. A água dos mares apresenta maior quantidade de sais dissolvidos quando comparada à água dos rios. Em outras palavras, pode-se dizer que a água do mar possui maior quantidade de soluto não volátil do que a água doce, o que dificulta a passagem da água líquida para o estado gasoso.

- B) Incorreta. A temperatura de ebulição é aquela em que a pressão de vapor do líquido se iguala à pressão atmosférica. Quanto maior a concentração de uma solução, mais demorado será o processo de ebulição porque a pressão de vapor da solução é menor. Contudo, a evaporação da água ocorre em temperaturas inferiores à temperatura de ebulição da mesma, e essa propriedade não explica a maior dificuldade de evaporação da água salgada.
- C) Incorreta. A pressão osmótica da água do mar é maior do que a da água dos rios, pois quanto maior for a concentração de uma solução maior será a pressão osmótica. Contudo, a pressão osmótica não está relacionada com o fato da água evaporar com maior ou menor dificuldade.
- D) Incorreta. A pressão máxima de vapor da água do mar é menor, pois a quantidade de soluto não volátil é maior quando comparada a água dos rios.

Questão 07 – Letra C

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. Quanto maior a concentração de solutos não voláteis em uma solução maior será sua entropia. Assim seu ponto de fusão abaixará e o ponto de ebulição aumentará.
- II. Incorreta. A solução que apresentará menor pressão de vapor será a que possui maior concentração de soluto já que nessas condições a entropia das partículas será elevada e sua tendência a vaporizar será baixa. Dentre as soluções apresentadas, a solução C é a que possui menor pressão de vapor.
- III. Correta. Como a solução C possui maior concentração de acordo com os valores de TE e TF, sua volatilidade será menor assim como sua pressão de vapor.

Questão 08 – Letra D

Comentário: A adição de um soluto não volátil em uma determinada quantidade de solvente puro provoca a diminuição da pressão de vapor deste, dificultando o processo de ebulição. Quanto maior o número de partículas em solução, maior será a temperatura de ebulição do solvente, pois é necessário fornecer mais energia para o sistema para que as moléculas do solvente consigam escapar para a fase gasosa.

Se considerarmos 1 litro de solução, verificamos que a solução de glicose possui 3 mol de partículas dispersas, já que a glicose é uma substância molecular e não sofre ionização. Já o cloreto de cálcio, que é um composto iônico, sofre dissociação quando dissolvido em água, originando 3 mol de íons, conforme equação a seguir:



Assim, a solução de cloreto de cálcio possui 3 mol de íons em 1 litro de solução. Como a quantidade de partículas na solução de glicose e na solução de cloreto de cálcio é igual, a temperatura de ebulição da água é a mesma nas duas soluções. A relação entre as temperaturas de ebulição nas três situações fica da seguinte forma:

$$T_e \text{ água} < T_e \text{ solução de glicose} = T_e \text{ solução de CaCl}_2$$

Questão 09 – Letra D

Comentário: Pela análise das afirmativas, temos:

- I. Correta. A curva da direita representa o congelamento de uma mistura, visto que a temperatura não é constante durante a mudança de fase.
- II. Incorreta. A temperatura de solidificação no líquido puro é menor do que a temperatura de solidificação de uma solução com soluto não volátil.
- III. Correta. Como a água pura solidifica a 0 °C, aproximadamente, a solução de água e sal solidifica em faixa de temperatura inferior a 0 °C.

Questão 10 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. A curva A indica a curva do solvente, pois líquidos puros apresentam maior pressão de vapor do que soluções, numa mesma faixa de temperatura.
- B) Incorreta. A curva C representa a solução mais concentrada, pois a solução de um soluto não volátil tem pressão de vapor menor que a do líquido puro e quanto maior for a concentração do soluto, menor será a pressão de vapor da solução.
- C) Correta. As interações intermoleculares do líquido representado pela curva A são mais fracas e podem ser rompidas mais facilmente, o que explica a maior capacidade de suas moléculas passarem do estado líquido para o estado gasoso.
- D) Correta. Quanto maior a concentração de partículas do soluto na solução, maior será a temperatura na qual a solução solidifica, uma vez que os efeitos coligativos são mais intensos.

Questão 11 – Letra A

Comentário: Quando as velocidades de evaporação e condensação se igualam, em uma mesma temperatura, atinge-se um estado de equilíbrio no qual a pressão permanece constante. Essa pressão é denominada pressão de vapor do líquido. Quanto maior for a pressão de vapor de um líquido, mais volátil ele é, e, portanto, evapora mais facilmente, o que provoca a diminuição do volume do líquido. Como o frasco A contém água pura, espera-se a diminuição do volume do líquido do frasco A. O frasco B, por sua vez, tem seu volume aumentado porque parte da água evaporada incorpora-se à solução de sacarose, provocando o aumento do volume da solução.

Questão 12 – Letra D

Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Na temperatura de 25 °C, a pressão de vapor do líquido 1 é maior seguida da pressão dos líquidos 2 e 3 respectivamente.
- B) Incorreta. Na temperatura de 30 °C a pressão de vapor do líquido 1 continua sendo a maior se comparado com as dos líquidos 2 e 3. Logo, a maior pressão de vapor indica que o líquido 1 é o mais volátil de todos os analisados.

- C) Incorreta. O menor ponto de ebulição está associado ao líquido mais volátil e com maior pressão de vapor. Assim, conforme já citado anteriormente, o líquido 1 é o que terá essas características.
- D) Correta. As interações intermoleculares definem como será o comportamento do líquido nas mudanças de estado físico e moléculas que interagem por meio de interações mais fortes demandarão mais energia para passar para os estados de maior energia. Logo a temperatura de ebulição aumenta. Como o líquido 1 é mais volátil, suas interações são fracas ao passo que no líquido 3 que possui menor pressão de vapor, ou seja, maior ponto de ebulição, suas interações são mais fortes.
- E) Incorreta. Um líquido entra em ebulição quando sua pressão máxima de vapor se iguala à pressão atmosférica local estabelecendo uma situação de equilíbrio dinâmico. Assim, na pressão atmosférica a nível do mar, 760 mmHg, as temperaturas de ebulição aproximadas dos líquidos 1, 2 e 3 são: 32 °C, 75 °C e 97 °C.

Questão 13 – Letra A

Comentário: Para a análise da pressão de vapor dos líquidos A, B, C e D é necessário avaliar se há a presença de soluto não volátil e, se houver, a quantidade de partículas dispersas na solução. Sabe-se que a pressão de vapor do solvente puro é maior que a do mesmo em solução. Logo, as pressões dos líquidos B e D são iguais e maiores que as pressões dos líquidos A e C. Como a dissolução de sal NaCl gera maior número de partículas em solução, íons Na^+ e Cl^- , se comparado com a dissolução da glicose, a pressão de vapor do líquido A é menor que a do líquido C.

Portanto, a ordem crescente de pressão de vapor dos líquidos é: $P_D = P_B > P_C > P_A$

Questão 14 – Letra A

Comentário: O abaixamento da temperatura de solidificação do solvente com a adição de um soluto não volátil é chamado de crioscopia. Isso ocorre pelo fato de as partículas dispersas oriundas da dissolução de um determinado soluto aumentarem a entropia do sistema e, conseqüentemente, aumentarem a sua estabilidade. Dessa forma, é necessário retirar mais energia térmica para promover o congelamento da solução.

A dissolução de 1 mol de cloreto de sódio origina 2 mol de íons, conforme representado pela equação a seguir:



Assim, o soluto que originar o mesmo número de partículas que o NaCl quando dissolvido produzirá o mesmo efeito crioscópico, por exemplo cloreto de potássio.

Questão 15 – Letra A

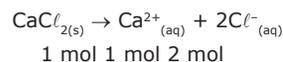
Comentário: As propriedades coligativas dependem da quantidade de partículas do soluto dispersas no solvente após a sua dissolução, independentemente da natureza do soluto, que pode ser molecular ou iônico. Para determinar qual das substâncias apresentadas promove a maior diminuição da temperatura de fusão, deve-se determinar o número de partículas dispersas na dissolução de 1 kg de cada uma delas, considerando a formação de um mesmo volume de solução nos três casos.

I. 1 kg de CaCl_2 :

A quantidade de matéria referente a 1 kg de cloreto de cálcio pode ser calculada da seguinte forma:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de } \text{CaCl}_2 &\text{ — } 111 \text{ g} \\ x &\text{ — } 1\,000 \text{ g} \\ x &\cong 9 \text{ mol} \end{aligned}$$

A dissociação de 1 mol de CaCl_2 promove a dissolução de 3 mol de partículas, como representado pela seguinte equação:



Assim, como foram dissolvidos, aproximadamente, 9 mol de CaCl_2 , a quantidade de partículas de soluto dispersas no solvente é calculada da seguinte forma:

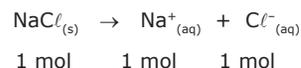
$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de } \text{CaCl}_2 &\text{ — } 3 \text{ mol de partículas} \\ 9 \text{ mol de } \text{CaCl}_2 &\text{ — } x \\ x &\cong 27 \text{ mol de partículas} \end{aligned}$$

II. 1 kg de NaCl:

A quantidade de matéria referente a 1 kg de cloreto de sódio pode ser calculada da seguinte forma:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de NaCl} &\text{ — } 58,5 \text{ g} \\ x &\text{ — } 1\,000 \text{ g} \\ x &\cong 17 \text{ mol} \end{aligned}$$

A dissociação de 1 mol de NaCl promove a dissolução de 2 mol de partículas, como representado pela seguinte equação:



Assim, como foram dissolvidos, aproximadamente, 17 mol de NaCl, a quantidade de partículas de soluto dispersas no solvente é calculada da seguinte forma:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de NaCl} &\text{ — } 2 \text{ mol de partículas} \\ 17 \text{ mol de NaCl} &\text{ — } x \\ x &\cong 34 \text{ mol de partículas} \end{aligned}$$

III. 1 kg de sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$):

A quantidade de matéria referente a 1 kg de sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) pode ser calculada da seguinte forma:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol de } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} &\text{ — } 342 \text{ g} \\ x &\text{ — } 1\,000 \text{ g} \\ x &\cong 3 \text{ mol} \end{aligned}$$

A sacarose é um composto molecular, portanto a dissolução de 1 mol de moléculas de sacarose promove a dissolução de 1 mol de partículas. Assim, a quantidade de partículas de soluto dispersas no solvente é, aproximadamente, igual a 3 mol.

Portanto, o NaCl promoverá a maior diminuição na temperatura de congelamento, uma vez que a sua dissolução promove a liberação uma maior quantidade de partículas dispersas em solução.

Questão 16 – Letra D

Comentário: Analisando cada uma das alternativas, temos:

- A) Incorreta. O ponto de ebulição da solução presente no copo 2 é maior do que a do líquido do copo 1, pois a presença de soluto não volátil aumenta a temperatura em que se inicia a ebulição da solução. Esse fenômeno é conhecido por efeito ebulioscópico.
- B) Incorreta. A adição de um soluto não volátil em um líquido puro diminui a pressão de vapor da solução, o que é conhecido como efeito tonoscópico. Nesse caso, a pressão de vapor da água passa a ser maior do que a pressão de vapor da solução de cloreto de sódio.
- C) Incorreta. Ao adicionar um soluto não volátil à água pura, observa-se que a temperatura de solidificação da solução diminui, por efeito crioscópico. Portanto, a solução presente no copo 2 demora mais tempo para congelar quando comparada à água presente no copo 1.
- D) Correto. A pressão de vapor do líquido no copo 1 é maior e, por isso, maior é a taxa de evaporação desse líquido com a consequente diminuição do seu volume. A solução do copo 2 tem seu volume aumentado, pois parte do volume de água evaporada incorpora-se à solução de cloreto de sódio, aumentando do volume da solução.

Questão 17 – Letra D

Comentário: Para a avaliação da elevação na temperatura de ebulição da água em uma solução, é necessário calcular a quantidade de partículas do soluto dispersas na solução. Para as soluções expostas no quadro temos:

- NaCl
 $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ – 0,5 mol de cloreto de sódio gera 1 mol de íons
 Temperatura de ebulição da solução: 100,5 °C
- NaCl
 $\text{NaCl}_{(s)} \rightarrow \text{Na}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ – 1,0 mol de cloreto de sódio geram 2 mol de íons
 Temperatura de ebulição da solução: 101,0 °C
- Sacarose – $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11(s)} \rightarrow \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11(aq)}$ – 0,5 mol de sacarose gera 0,5 mol de sacarose aquosa
 Temperatura de ebulição da solução: 100,25 °C
- CaCl_2
 $\text{CaCl}_{2(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Cl}^-_{(aq)}$ – 0,5 mol de cloreto de cálcio geram 1,5 mol de íons
 Temperatura de ebulição da solução: 100,75 °C

Note que um aumento de 0,5 mol de partículas em solução corresponde a um aumento de 0,25 °C na temperatura de ebulição. Assim analisaremos cada um dos experimentos:

Experimento A

Adicionou-se 1,0 mol de Na_2SO_4 a 1 L de água.

$\text{Na}_2\text{SO}_{4(s)} \rightarrow 2\text{Na}^+_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$ – 1,0 mol de sulfato de sódio gera 3,0 mol de íons em solução

Logo, como na solução de cloreto de sódio 2 mol de íons provoca o aumento da TE para 101 °C e o aumento de 0,5 mol de íons provoca um aumento de 0,25 °C na TE, essa solução entrará em ebulição à 101,5 °C.

Experimento B

Adicionou-se 1,0 mol de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ a 0,5 L de água ou 2,0 mol de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ a 1 L de água

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(aq)}$ – 2,0 mol de glicose geram 2,0 mol de glicose aquosa

Logo, assim como na solução de cloreto de sódio 2 mol de íons provoca o aumento da TE para 101 °C, essa solução de glicose, que contém a mesma quantidade de partículas em solução, entrará em ebulição a 101 °C.

Questão 18 – Letra D

Comentário: O sangue e as hemácias possuem a mesma concentração de forma que não há transporte de solvente entre si. Assim, caso seja ministrado a um paciente um soro concentrado, que apresenta concentração maior que a do sangue, haverá transporte de solvente para o interior da hemácia e, caso o soro seja mais diluído que o sangue, haverá seu inchaço. Por outro lado, se for administrado uma solução saturada de cloreto de sódio haverá transporte de solvente do interior da hemácia para o sangue resultando em sua diminuição.

Seção Enem**Questão 01 – Letra E**

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 3

Habilidade: 8

Comentário: Para que as moléculas de água presentes na solução de cloreto de sódio atravessem a membrana semipermeável, é necessário exercer uma pressão mecânica sobre a solução, cuja resultante deve ser maior que sua pressão osmótica e no sentido contrário da osmose.

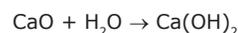
Questão 02 – Letra B

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: A destruição do microambiente presente no tronco de árvores pintadas com cal ocorre através do processo de osmose. Isso acontece devido ao fato de a cal ser um óxido básico, que, ao reagir com a água, forma o hidróxido de cálcio, conforme a reação representada a seguir:



Nesse processo, a cal depositada sobre o tronco retira a água desse microambiente, tornando-o um meio desfavorável para o desenvolvimento de micro-organismos.

Questão 03 – Letra A

Eixo cognitivo: V

Competência de área: 5

Habilidade: 19

Comentário: As plantas absorvem água do solo pelo processo de osmose. Na osmose, ocorre o fluxo de solvente entre dois meios com diferentes concentrações de soluto. Nesse processo, o líquido puro flui de um meio menos concentrado (meio hipotônico) para um meio mais concentrado (meio hipertônico) através de uma membrana semipermeável. O aumento da salinidade da solução do solo dificulta a absorção de água pela planta, pois o processo de osmose é desfavorecido, já que a diferença de concentração salina entre a planta e o solo diminui.

Questão 04 – Letra A

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. Os processos utilizados para dessalinizar a água do mar, a osmose reversa ou a destilação simples, por exemplo, têm um custo muito alto e tornam inviável, financeiramente, sua utilização em larga escala.
- B) Incorreta. A osmose reversa é um processo que garante um alto grau de pureza para a água obtida, tanto que ela é considerada potável.
- C) Incorreta. A quantidade de água do mar a ser utilizada para obtenção de água potável é irrisória, se comparada ao volume total de água do mar.
- D) Incorreta. Todas as substâncias encontradas na água do mar podem ser removidas por meio de vários processos de separação, tais como: osmose reversa, destilação, extração ou até filtração dos componentes não solúveis.
- E) Incorreta. A água do mar é uma solução relativamente pouco concentrada, de forma que as propriedades coligativas não são muito acentuadas. Assim, a temperatura de ebulição da água salgada não será muito maior do que a da água pura. Além disso, uma temperatura de cerca de 100 °C não é considerada alta, pois existem outros compostos químicos cujas temperaturas de ebulição superam 4 000 °C.

Questão 05 – Letra B

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Na panela de pressão, a ebulição ocorre quando a pressão de vapor da água se iguala a uma pressão sobre a superfície do líquido, que é maior que a pressão atmosférica. Isso acontece porque, além da pressão atmosférica, deve-se considerar a pressão do vapor gerado pelo aquecimento.
- B) Correta. Como a pressão de vapor a ser atingida para a ebulição é maior do que a pressão ambiente, a temperatura que a água deve atingir também é maior do que a temperatura de ebulição da água no local e, assim, o cozimento é cineticamente favorecido, tornando-se mais rápido.
- C) Incorreta. O calor transferido para a panela de pressão é o mesmo que o transferido para uma panela convencional.
- D) Incorreta. O vapor liberado pela válvula apenas indica que a pressão dentro da panela atingiu seu limite de segurança. Portanto, a quantidade desse vapor liberado não interfere nem na pressão interna, que se manterá constante e igual ao limite, e nem na temperatura, que também será constante e igual a um valor correlacionado à pressão interna.
- E) Incorreta. A espessura da parede não interfere no tempo do cozimento, pois não influencia nem na temperatura e nem na pressão do interior da panela.

Questão 06 – Letra A

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: Quando um sistema contém um líquido puro que está em um processo de ebulição, a temperatura desse sistema se manterá constante enquanto essa mudança estiver acontecendo. Assim, fornecendo-se calor suficiente para manter essa fervura, a temperatura do sistema não variará, e, no caso da panela de pressão, o tempo de cozimento será o mesmo.

Questão 07 – Letra C

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: Analisando-se os dados da primeira tabela, percebe-se que, em altitudes mais elevadas, a pressão atmosférica, à qual a pressão de vapor da água deve se igualar, é menor do que ao nível do mar. Dessa forma, a água entra em ebulição ao atingir uma pressão de vapor menor, correspondente a uma temperatura menor, quando está em altitudes mais elevadas. Assim, as seguintes relações são verdadeiras:

$$p_{\text{atm}}(\text{Natal}) > p_{\text{atm}}(\text{Campos do Jordão}) > p_{\text{atm}}(\text{Pico da Neblina})$$

$$T.E.(\text{Natal}) > T.E.(\text{Campos do Jordão}) > T.E.(\text{Pico da Neblina})$$

MÓDULO – B 24

Coloides

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- I. Correta. Nas soluções verdadeiras as partículas do disperso e do dispersante formam um sistema homogêneo, uma vez que não é possível diferenciá-las.
- II. Incorreta. As dispersões coloidais são misturas heterogêneas, pois é possível diferenciar a fase dispersa da fase dispersante.
- III. Incorreta. Nas suspensões o tamanho das partículas dispersas são grandes o suficiente para serem identificadas a olho nu.

Questão 02 – Letra E

Comentário: As gelatinas são sistemas coloidais compostas por uma fase dispersante sólida e uma fase dispersa líquida. As moléculas de proteínas constituintes das gelatinas confinam as moléculas de água em sua estrutura proteica, conferindo falso aspecto homogêneo à solução, embora seja considerada uma dispersão coloidal devido ao tamanho das partículas em solução.

Questão 03 – Letra E

Comentário: Analisando cada uma das alternativas, temos:

- A) Incorreta. Uma solução verdadeira é um sistema homogêneo, enquanto uma dispersão coloidal é um sistema heterogêneo.
- B) Incorreta. Uma emulsão é um tipo de dispersão coloidal em que o disperso e o dispersante encontram-se no estado líquido. São exemplos de emulsão a maionese e o leite.
- C) Incorreta. Os componentes de uma dispersão coloidal são a fase dispersa, que se encontra em menor quantidade, e a fase dispersante, que encontra-se em maior quantidade.
- D) Incorreta. Nas dispersões coloidais, o disperso e o dispersante existem nos três estados físicos, como por exemplo o gel (L-S), o sol sólido (S-S) e o aerossol sólido (S-G), e não apenas em meio aquoso, como as emulsões (L-L) e espumas líquidas (G-L).
- E) Correta. Em dispersões coloidais é observado o Efeito Tyndall, em que as partículas dispersas são grandes o bastante para espalharem o feixe de luz.

Questão 04 – Letra A

Comentário: A análise gravimétrica é um processo que envolve a separação e pesagem de um constituinte de uma amostra na forma mais pura possível.

- A) Correta. Soluções coloidais apresentam a propriedade de espalharem a luz quando incidida diretamente na solução. Esse fenômeno é conhecido como Efeito Tyndall.

- B) Incorreta. A natureza das partículas que formam uma dispersão coloidal em meio aquoso tem caráter eletrostático, pois podem ser compostas por íons ou moléculas ionizadas solvatadas.
- C) Incorreta. A perda de parte do material após a etapa de filtração constitui um erro sistemático, que interfere negativamente nos resultados.
- D) Incorreta. Os coloides apresentam propriedades elétricas que exercem uma força de repulsão, impedindo a formação de aglomerados e precipitados.
- E) Incorreta. Dependendo do tamanho da partícula, os materiais coloidais não ficam totalmente retidos nos filtros e membranas. Na gravimetria são desejados materiais particulados grandes que facilitam a filtração e a remoção de impurezas.

Questão 05 – Letra A

Comentário: A maionese é formada pela mistura de óleos vegetais, vinagre e gema de ovo. Os óleos não se dissolvem no vinagre. No entanto, a gema do ovo apresenta lecitina, um fosfolípido, que interage favoravelmente tanto com as moléculas de óleo quanto com as moléculas de água do vinagre. Dessa forma, essas moléculas envolvem as gotículas de óleo, promovendo sua distribuição o mais uniforme possível pela mistura, atuando, portanto, como agentes emulsificantes.

Questão 06 – Letra A

Comentário: O fenômeno é causado pela poluição excessiva no ar e é formado principalmente por uma mistura de fumaça e neblina. A fumaça é uma dispersão coloidal composta por um disperso sólido (partículas de poeira) e um dispersante gasoso (ar atmosférico), sendo classificada como um aerossol sólido. A neblina, por sua vez, é constituída por um disperso líquido (água) em um dispersante gasoso (ar atmosférico) e é classificada como um aerossol líquido. Portanto, o *smog* também pode ser considerado como aerossol.

Questão 07 – Letra D

Comentário: Em uma suspensão as partículas constituintes da fase dispersa (tamanho médio acima de 1 000 nm) sofrem sedimentação por gravidade devido às suas grandes massas. Assim, a agitação é necessária para que as partículas da fase dispersa se distribuam por toda a extensão do medicamento e não fiquem apenas sedimentadas no fundo do frasco.

Questão 08 – Letra D

Comentário: Analisando cada uma das alternativas, temos:

- A) Incorreta. Neveeiro é classificado como aerossol, enquanto o xampu e o leite são emulsões.
- B) Incorreta. Leite e maionese são exemplos de emulsões. Pedra-pomes é classificada como espuma sólida.
- C) Incorreta. O *chantilly* é classificado como espuma, a geleia é classificada como gel e o xampu é uma emulsão.
- D) Correta. Gelatina, queijo e geleia são exemplos de soluções coloidais do tipo gel.

E) Incorreta. Ligas metálicas são soluções homogêneas; a fumaça é classificada como aerossol sólido e o asfalto é uma emulsão.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. Dispersões ou soluções coloidais são misturas heterogêneas em que as partículas dispersas apresentam diâmetro médio entre 1 e 1 000 nm.
- II. Incorreta. A emulsão é um tipo de coloide em que tanto a fase dispersa quanto a fase dispersante estão no estado líquido. No fenômeno de espalhamento da luz do Sol a fase dispersa é constituída por partículas sólidas e a fase dispersante é composta pelo ar atmosférico. Quando os constituintes das soluções coloidais apresentam esses estados físicos, esse sistema é denominado aerossol sólido.
- III. Correta. *Vide* explicação da afirmativa II.
- IV. Incorreta. Como nas soluções coloidais as partículas dispersas são maiores que os comprimentos de onda da luz visível, sendo possível diferenciá-las das partículas do dispersante através de um ultramicroscópio, elas formam sistemas heterogêneos.

Questão 02 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada um dos sistemas apresentados.

- I. O creme de leite corresponde a uma dispersão coloidal, do tipo emulsão, na qual o dispersante é a água e o disperso são glóbulos de gordura concentrada (óleos) provenientes do leite.
- II. A maionese é uma dispersão coloidal, do tipo emulsão, formada pela mistura de óleos vegetais, água e gema de ovo. Nessa mistura, a lecitina, molécula com afinidade tanto pela água quanto pelo óleo, e que está presente na gema do ovo, age como emulsificador. Essas moléculas envolvem as gotículas de óleo, promovem sua distribuição pela mistura e se combinam com a água.
- III. O óleo de soja corresponde a uma mistura de óleos vegetais provenientes do grão da soja. As moléculas de óleo apresentam diâmetro menor que 1 nm e não podem ser separadas nem mesmo por ultracentrífugas ou ultrafiltros. Assim, o óleo de soja corresponde a uma solução verdadeira.
- IV. A gasolina é um combustível derivado do petróleo, constituído de uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos que apresentam entre 5 e 10 átomos de carbono em sua cadeia e etanol (utilizado para aumentar a octanagem da mistura) e, portanto, o diâmetro das moléculas constituintes da mistura é menor que 1 nm. Assim, a separação dessas moléculas não é possível nem mesmo utilizando-se ultracentrífugas ou ultrafiltros. Dessa forma, a gasolina corresponde a uma solução verdadeira.

V. O isopor, ou poliestireno expandido, é uma espuma sólida e sintética, na qual bolhas de gases muito pequenas (disperso) estão dispersas no poliestireno sólido (dispersante). Esse material é obtido por meio do aquecimento de uma mistura de poliestireno e um líquido com baixo ponto de fusão. Quando se aquece a mistura, o líquido entra em ebulição, formando bolhas de gás dentro do plástico fundido. Simultaneamente, o material é injetado em um molde e, assim que se resfria, endurece, retendo as bolhas em seu interior.

Questão 03 – Letra D

Comentário: A espuma do creme de barbear pode ser classificada como uma solução coloidal, ou seja, a massa molar das partículas dispersas varia entre 10 000 e 100 000 g.mol⁻¹. Nesse tipo de solução, a fase dispersa é a que se encontra em menor quantidade e, nesse caso, trata-se do gás butano. A separação dos componentes desse sistema pode ser feita por meio de ultracentrífugas, visto que há sedimentação de suas partículas.

Questão 04 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. A solução saturada de acetato de cálcio em etanol forma um gel esbranquiçado, sendo classificado com uma dispersão coloidal.
- B) Correta. A fumaça é uma dispersão coloidal, composta pelo disperso sólido em um dispersante gasoso.
- C) Correta. O isopor, ou poliestireno expandido, é uma dispersão coloidal formado por um disperso gasoso em um dispersante sólido.
- D) Incorreta. O óleo de soja não é uma dispersão coloidal, pois trata-se de uma solução homogênea que não apresenta partículas em suspensão.
- E) Correta. O tiosulfato de sódio turva-se rapidamente em solução ácida, constituindo um sistema heterogêneo coloidal.

Seção Enem

Questão 01 – Letra C

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: A estabilidade das partículas dispersas em um meio coloidal aquoso depende da interação delas com as moléculas de água. Dessa forma, o efeito da solvatação dessas partículas dispersas determina a eficiência da dispersão delas na água. Se adicionarmos álcool a um sistema desse tipo ocorre a desestabilização do coloide, pois as moléculas de água possuem grande afinidade química pelas moléculas do álcool, já que formam entre si interações intermoleculares fortes do tipo ligação de hidrogênio.

Questão 02 – Letra E**Eixo cognitivo:** IV**Competência de área:** 5**Habilidade:** 18

Comentário: As partículas dispersas em um coloide são suficientemente grandes para dispersarem a luz que perpassa o sistema, provocando o fenômeno da turbidez.

MÓDULO – C 21**Biomoléculas: Carboidratos e Proteínas****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Letra A**

Comentário: A lactose é um carboidrato presente no leite e seus derivados, formado pela união de uma molécula de galactose e uma molécula de glicose. É um poliálcool pois apresenta em sua estrutura vários grupos hidroxila ligados a carbono saturado. A lactase é a enzima que atua como catalisador da reação biológica de quebra da molécula da lactose no organismo.

Questão 02 – Letra D

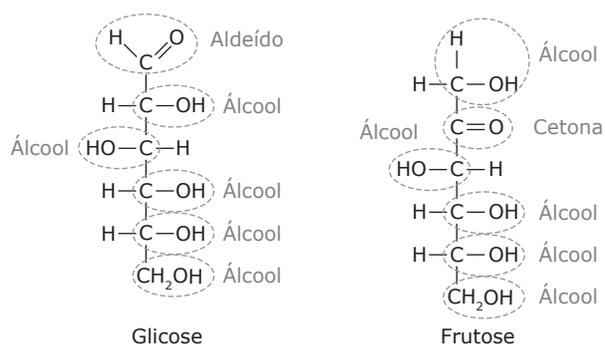
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A sacarose é formada pela ligação entre a glicose e a frutose, enquanto a celulose é formada por ligações entre moléculas de glicose.
- B) Incorreta. O monômero formador da celulose é a glicose.
- C) Incorreta. Apenas a glicose é constituinte da celulose.
- D) Correta. A celulose é uma macromolécula (polímero natural) formada pela união de monômeros da glicose.
- E) Glicose e frutose são monossacarídeos distintos, enquanto a celulose é um polissacarídeo formado pela união de um grande número de monômeros de glicose.

Questão 03 – Soma = 14

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

01. Incorreta. A celulose é um glicídio formado apenas por moléculas de β -glicose. A união de moléculas de glicose e frutose dá origem ao dissacarídeo conhecido como sacarose.
02. Correta. A glicose, um exemplo de glicídio, é um composto químico no qual estão presentes grupos funcionais característicos da função orgânica álcool e da função aldeído. Na frutose, outro composto químico da classe dos glicídios, estão presentes as funções orgânicas álcool e cetona.

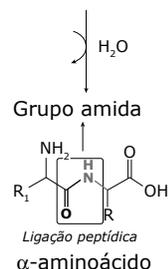
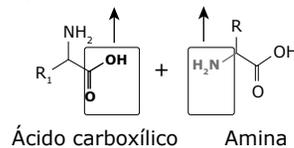


04. Correta. Carboidratos (hidratos de carbono), glicídios ou sacarídeos são nomes dados à mesma classe de biomoléculas. O nome hidrato de carbono vem das fórmulas mínimas para a maioria das substâncias dessa classe, que podem ser escritas como $C_x(H_2O)_y$. Como exemplo, podemos citar a molécula de glicose ($C_6H_{12}O_6$), que também pode ser representada por $C_6(H_2O)_6$.

08. Correta. A sacarose é um dissacarídeo cuja fórmula é $C_{12}H_{22}O_{11}$ e está presente em inúmeras plantas, como a cana-de-açúcar e a beterraba. O amido é um polissacarídeo de fórmula $(C_6H_{10}O_5)_n$ que está presente em vários vegetais, como o feijão, arroz e o trigo.

Questão 04 – Letra B

Comentário: Dois aminoácidos podem unir-se por uma reação de condensação, resultando na formação de uma substância orgânica com o grupo funcional amida e uma molécula de água. A ligação estabelecida entre os dois aminoácidos é denominada ligação peptídica. O esquema a seguir representa a formação de uma ligação peptídica e o grupo funcional amida.

Grupo carboxila Grupo amino**Questão 05 – Letra A**

Comentário: Na estrutura de qualquer aminoácido há dois grupos funcionais: amina, de caráter básico, e ácido carboxílico, de caráter ácido. Por essa razão, os aminoácidos são substâncias anfipróticas, pois são capazes de atuar como ácidos ou bases dependendo do meio reacional.

Questão 06 – Letra D

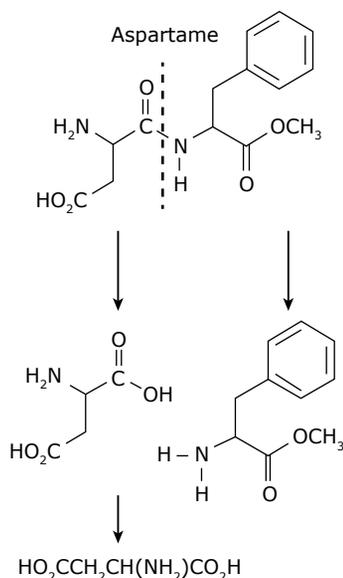
Comentário: Analisando cada uma das alternativas, temos:

- A) Incorreta. As proteínas são formadas por aminoácidos de cadeia lateral polares ou apolares, que reagem entre si e com moléculas de água. Portanto, não são formadas apenas por aminoácidos hidrofóbicos.
- B) Incorreta. A formação das proteínas ocorre por meio de reações de condensação entre aminoácidos, e não por precipitação desses.
- C) Incorreta. As proteínas são formadas por um número elevado de aminoácidos diferentes e, portanto, não é composta por uma combinação de apenas cinco aminoácidos.
- D) Correta. Na formação das proteínas, ocorre a reação de condensação entre a carbonila de um aminoácido e a amina de outro aminoácido, formando a ligação peptídica.
- E) Incorreta. As proteínas são macromoléculas e por isso apresentam elevada massa molecular.

Questão 07 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- I. Incorreta. O aspartame não é considerado um glicídio, pois pela análise de sua estrutura pode-se concluir que é formado também por átomos de N além de C, H e O, diferindo da composição dos carboidratos.
- II. Incorreta. As proteínas são formadas pela união de diversos aminoácidos, enquanto o aspartame é composto por apenas dois aminoácidos. Logo, não pode ser classificado com proteína.
- III. Correta. A quebra da ligação peptídica na molécula de aspartame origina um aminoácido de fórmula molecular $\text{HO}_2\text{CCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}_2\text{H}$, conforme o esquema a seguir:



Questão 08 – Letra A

Comentário: A estrutura de uma proteína é correspondente à sequência dos aminoácidos, denominada estrutura primária.

O fato de a proteína adquirir a mesma conformação espacial após a retirada do solvente sugere que a sua estrutura primária não sofreu interferências, ou seja, as estruturas secundárias, terciárias e quaternárias são derivadas das conformações apresentadas pela estrutura primária.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra E

Comentário: A reação de polimerização que ocorre entre aminoácidos é do tipo condensação, com a formação de ligações peptídicas ($-\text{NH}-\text{CO}-$), que dará origem a um grupamento amida.

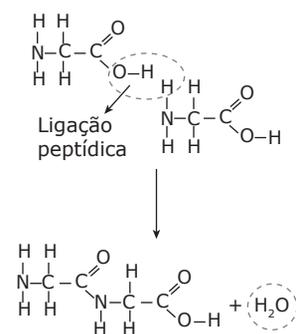
Questão 02 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. As ligações glicosídicas são formadas pela união de dois ou mais carboidratos.
- B) Correta. As proteínas são macromoléculas formadas pela união de diversos aminoácidos, por meio de ligações peptídicas, em que uma carbonila de um aminoácido liga-se à amina de outro aminoácido.
- C) Incorreta. A ligação entre grupos fenólicos é feita por ligação covalente, e não recebe a nomenclatura de ligação fenólica.
- D) Incorreta. A ligação entre anéis aromáticos é feita por ligação covalente, e não recebe a denominação de ligação aromática.
- E) Incorreta. Os lipídios não ligam-se uns aos outros para que ocorra uma ligação lipídica. Esse tipo de ligação não é conceituada em bioquímica.

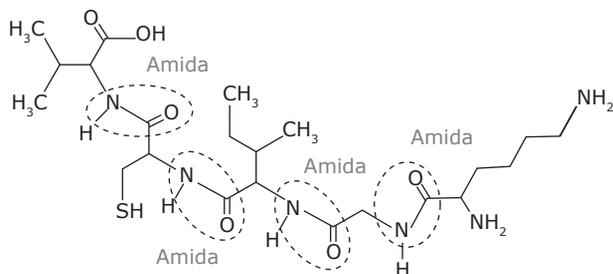
Questão 03 – Letra A

Comentário: Os aminoácidos são moléculas orgânicas que possuem um grupo amina ($-\text{NH}_2$) e um grupo carboxila ($-\text{COOH}$) em sua estrutura, sendo conhecidos um total de vinte aminoácidos. As proteínas são macromoléculas formadas pela união de vários aminoácidos, que se unem uns aos outros por ligações denominadas peptídicas, em uma reação química que ocorre a eliminação de uma molécula de água e a formação de uma substância com o grupo amida. A equação a seguir esquematiza a formação da ligação entre dois aminoácidos:

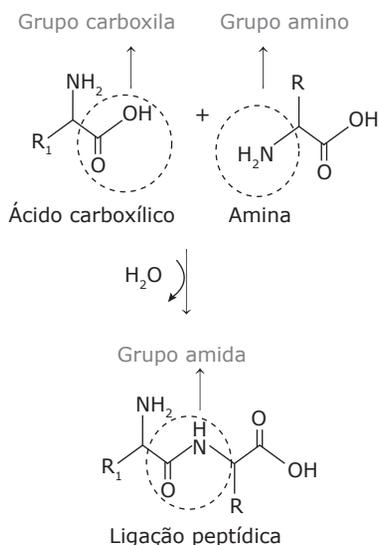


Questão 04 – Letra D

Comentário: Para determinar quantos aminoácidos formam um peptídeo a partir da análise de sua estrutura, é necessário identificar o número de grupamentos amida existentes. Isso se justifica pelo fato de ser este o grupamento gerado após a formação de uma ligação peptídica. A estrutura do peptídeo fornecido na questão é:



Sendo “n” o número de ligações peptídicas, o número de aminoácidos será sempre “n+1”. No peptídeo em questão, existem 4 grupamentos amida provenientes das ligações peptídicas estabelecidas entre cinco aminoácidos. Na formação das proteínas, ocorre a condensação da carboxila de um aminoácido com a amina de outro aminoácido, levando à formação de uma ligação covalente (ligação amídica) e liberando uma molécula de água:



Assim, como na estrutura existem quatro ligações amídicas, houve a liberação de quatro moléculas de água na formação desse peptídeo.

Questão 05 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- I. Incorreta. Apenas o fermento biológico reage com uma pequena parte dos carboidratos presentes na massa e libera CO₂, o que faz a massa “crescer”.
- II. Correta. A decomposição térmica do NaHCO₃ pode ser descrita de acordo com a seguinte equação:



III. Correta. As leveduras, micro-organismos que constituem o fermento biológico, metabolizam parte dos carboidratos durante a fermentação, liberando CO₂ como produto responsável pelo crescimento da massa.

IV. Incorreta. Para que o fermento químico produza CO₂ é necessário que a temperatura do meio reacional seja elevada, promovendo a decomposição térmica do reagente.

Questão 06 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das proposições.

- I. Incorreta. Em meio ácido, a sacarose sofre hidrólise e é quebrada em glicose e frutose.
- II. Incorreta. A sacarose é solúvel em água devido às interações do tipo ligação de hidrogênio, realizadas entre os grupos hidroxila da sacarose e as moléculas de água.
- III. Correta. A sacarose é um dissacarídeo formado pela união de uma molécula de glicose e uma molécula de frutose. Todos os carbonos estão hibridizados em sp³, apresentando apenas ligações simples entre eles. Apresenta caráter polar devido à presença de grupos –OH.

Questão 07 – Soma = 10

Comentário: Analisando cada afirmativa, temos:

01. Incorreta. A produção do etanol ocorre a partir da hidrólise de um dissacarídeo ou polissacarídeo em vários monossacarídeos, seguida da reação de fermentação do monossacarídeo obtido. A celulose é um polissacarídeo e, portanto, pode ser hidrolisada em monossacarídeos (glicose) para a posterior fermentação.
02. Correta. A fermentação alcoólica ocorre a partir da conversão de moléculas de monossacarídeos em energia, com a produção de etanol e gás carbônico. Essa reação é promovida pela ação de microrganismos na ausência de oxigênio.
04. Incorreta. A fermentação alcoólica é um processo anaeróbico, que não necessita da presença de oxigênio.
08. Correta. A transformação I representa a hidrólise de um dissacarídeo, no caso a sacarose, em duas moléculas de monossacarídeo, a glicose e a frutose.

Questão 08 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. As pentoses são carboidratos monossacarídeos, formadas por uma estrutura com cinco átomos de carbono. As pentoses participam da composição química dos ácidos nucleicos, além do grupo fosfato e de uma base nitrogenada.
- B) Incorreta. As proteínas que sofrem desnaturação têm as interações que formam a estrutura terciária rompidas, ocasionando a perda da atividade proteica.

- C) Correta. Os açúcares, o amido e a celulose são compostos orgânicos classificados como carboidratos, pois são aldoses ou cetoses poli-hidroxiladas.
- D) Incorreta. A desnaturação é um processo irreversível que leva ao rompimento de algumas interações na cadeia proteica, fazendo com que a atividade dessa proteína seja desativada. Dependendo do processo, pode ocorrer a ruptura das ligações peptídicas levando à formação de aminoácidos isolados.

Questão 09 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Na estrutura quaternária das proteínas, duas ou mais cadeias polipeptídicas interagem por meio de ligações não covalentes: efeitos hidrofóbicos, ligações de hidrogênio e interações eletrostáticas.
- B) Correta. A sequência de aminoácidos específica de uma proteína está condicionada a envelhar-se para tomar a sua configuração mais estável, sendo um processo espontâneo para muitas proteínas. Além disso, esse envelhecimento depende em grande medida das características da solução em que elas se encontram, como a concentração dos sais, a temperatura e as moléculas que as rodeiam.
- C) Incorreta. A formação de uma ponte dissulfeto em uma proteína pode ocorrer entre dois resíduos de cisteína que estejam em cadeias polipeptídicas separadas ou em uma mesma cadeia, caso os resíduos estejam distantes um do outro na estrutura, sendo aproximados pela organização tridimensional da cadeia polipeptídica.
- D) Incorreta. A anemia falciforme é uma doença hereditária causada por uma alteração na cadeia proteica da hemoglobina e que resulta em má-formação das hemácias.

Questão 10

Comentário:

1. Em meio fortemente ácido, a carboxila (responsável pelo caráter ácido) dos aminoácidos não se encontra desprotonada, e o grupamento amino (responsável pelo caráter básico) encontra-se protonado. Portanto, a espécie III predomina em meio fortemente ácido.

Em meio fortemente básico, a carboxila dos aminoácidos encontra-se desprotonada, e o grupamento amino não se encontra protonado. Logo, a espécie I predomina em meio fortemente básico.

2. A) Na transformação da espécie III em espécie II, o grupo carboxila ($-\text{COOH}$) sofreu desprotonação preferencialmente ao grupo $-\text{NH}_3^+$, indicando que a acidez do grupo carboxila é maior.
- B) Na transformação da espécie I em espécie II, o grupo amino ($-\text{NH}_2$) foi protonado preferencialmente ao grupo carboxilato ($-\text{COO}^-$), indicando que a basicidade do grupo amino é maior que a do grupo carboxilato.
3. Como o pK_a da carboxila varia entre 1,8 e 2,5, enquanto o do grupamento amino varia entre 8,7 e 10,7, em pH neutro, a amina encontra-se protonada ($-\text{NH}_3^+$), e a carboxila encontra-se desprotonada ($-\text{COO}^-$).

Seção Enem

Questão 01 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Conforme exposto no enunciado, a acidez do vinho depende da concentração de ácido málico e de ácido tartárico presente nas uvas. Entretanto, a quantidade de álcool depende não apenas do tempo de fermentação das uvas, mas também da concentração inicial de açúcares, já que estes são os substratos utilizados no processo. Pela análise do gráfico, se as uvas forem colhidas mais tarde, a concentração de açúcares será alta, produzindo vinhos mais alcoólicos. Além disso, a concentração dos ácidos málico e tartárico será baixa, gerando vinhos também menos ácidos.

Questão 02 – Letra B

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. A fermentação dos carboidratos da massa de pão não é um fenômeno espontâneo e depende da presença de bactérias fermentadoras, as quais utilizam esse processo para obtenção de energia.
- II. Correta. O gás carbônico proveniente da fermentação alcoólica da glicose também colabora para que a massa cresça, uma vez que esse gás se acumula nas cavidades da massa. Com o passar do tempo, o gás formado expande a massa de pão, tornando-a menos densa do que a água. Dessa forma, a bola de massa flutua sobre a água.
- III. Incorreta. O álcool apresenta densidade menor que a água (cerca de $0,789 \text{ g.cm}^{-3}$). Caso este apresentasse uma densidade maior do que a água, ele colaboraria para que a bola de massa afundasse na água e não subisse.

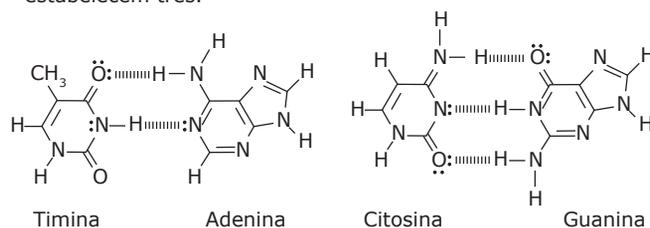
MÓDULO – C 22

Biomoléculas: Ácidos Nucleicos e Lipídios

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra C

Comentário: As bases nitrogenadas podem formar pares específicos entre si, que são estabilizados por ligações de hidrogênio. Adenina e timina são capazes de estabelecer entre si duas ligações de hidrogênio, já citosina e guanina estabelecem três.



Questão 02 – Letra C

Comentário: As ligações de hidrogênio são responsáveis pelo controle de variações extremas da temperatura da água. A razão disso é que o aumento da temperatura da água, ou seja, elevação da energia cinética das moléculas, implica primeiramente no enfraquecimento de muitas interações do tipo ligações de hidrogênio, que são muito intensas. Assim, a água pode absorver muita energia e a sua temperatura sofrer apenas um pequeno aumento.

Questão 03 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. Os nucleotídeos, formados pela sequência de fosfato-açúcar-base nitrogenada, são os componentes do DNA e do RNA e estão presentes nas células dos seres vivos.
- II. Correta. São cinco as bases nitrogenadas: timina, adenina, guanina, citosina e uracila. A timina é encontrada apenas no DNA, enquanto a uracila é encontrada somente no RNA.
- III. Correta. O açúcar que se une ao grupo fosfato e à base nitrogenada é uma pentose e, portanto, apresenta cinco átomos de carbono em sua estrutura. Já o açúcar presente no DNA é a desoxirribose do RNA é a ribose.
- IV. Correta. Os nucleotídeos são os constituintes dos ácidos nucleicos. O DNA e o RNA são compostos por uma longa sequência de nucleotídeos ligados entre si.
- V. Correta. Os nucleotídeos da estrutura do DNA e RNA interagem entre si por meio das ligações/interações que as bases nitrogenadas realizam. Já as longas cadeia poliméricas são formadas pela sequência de ligações entre o açúcar de um nucleotídeo com o fosfato de outro nucleotídeo.

Questão 04 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Correta. As proteínas são compostos orgânicos constituídos de C, H, O, mas também por átomos de nitrogênio provenientes do grupo amino dos aminoácidos.
- II. Correta. O nitrogênio está presente na composição dos aminoácidos que constituem as proteínas e também nas bases nitrogenadas, que compõem os ácidos nucleicos.
- III. Incorreta. Os glicídios glicose e frutose são compostos apenas por átomos de C, H e O e possuem fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$. Portanto, não possuem nitrogênio em sua estrutura.
- IV. Correta. Algumas proteínas apresentam átomos metálicos em sua estrutura, tais como Fe, Mg, Zn, Cu, Mo, entre outros. Por exemplo, a hemoglobina, proteína presente no sangue, possui átomo de ferro no centro de sua estrutura.

Questão 05 – Letra C

Comentário: Como os lipídios são pobres em dipolos, devido à falta de heteroátomos em sua estrutura, a sua polaridade é muito baixa e, em alguns casos, igual a zero. Logo, a alternativa A está incorreta, e a alternativa C, correta.

A água apresenta dipolo elétrico acentuado, e os lipídios, dipolos elétricos de baixa magnitude ou nulos. Assim, as alternativas B e E estão incorretas.

A solubilidade de uma substância em um determinado solvente não está relacionada à massa molar (peso molecular) de suas partículas, mas à intensidade das interações intermoleculares soluto-soluto, soluto-solvente e solvente-solvente. Quanto mais intensas e numerosas forem as interações soluto-solvente, maior será a solubilidade, pois essas interações serão energeticamente favoráveis, o que estabiliza o sistema. Portanto, a alternativa D está incorreta.

Questão 06 – Letra B

Comentário: A diferenciação entre óleos e gorduras relaciona-se com o estado físico nas condições ambiente: os óleos são líquidos e as gorduras são sólidas. Isso ocorre porque, nas moléculas das gorduras, as cadeias saturadas são lineares e, portanto, formam dipolos instantâneos-dipolos induzidos mais intensos. Logo, a maioria dos compostos insaturados, por estarem sob a forma cis, não apresentam empacotamento (interações entre as cadeias) tão eficiente.

Questão 07 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- II. A celulose é um dos representantes do grupo dos carboidratos. É um polissacarídeo formado pela união de várias moléculas de glicose.
- III. Os lipídios são os constituintes majoritários de óleos vegetais refinados, que são ésteres formados pela reação entre o glicerol e ácidos graxos.
- IV. Os ácidos nucleicos contêm bases nitrogenadas, pois é constituído por uma pentose, uma base nitrogenada e um grupo fosfato.
- I. As proteínas são formadas por vários aminoácidos, que se ligam por meio de ligações peptídicas.

A sequência correta é II, III, IV e I.

Questão 08 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

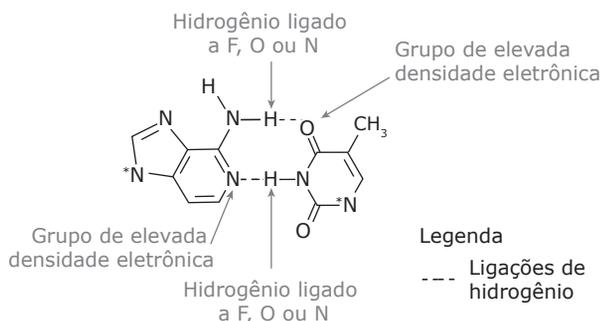
- I. Verdadeira. As proteínas são polímeros naturais de condensação formados por aminoácidos; por isso, são denominadas poliamidas (estruturas nitrogenadas). No processo de digestão, ocorre a quebra das macromoléculas que, no caso das proteínas, fornece os aminoácidos de origem.

- II. Verdadeira. Os óleos são ésteres da glicerina com ácidos graxos e, por apresentarem insaturações, encontram-se no estado líquido nas condições ambiente. O grau de insaturação de um óleo pode ser estimado pelo descoloramento da solução de iodo, visto que, nessa reação, ocorre a adição de átomos de iodo à estrutura do óleo, o que provoca a diminuição de I_2 na solução e, conseqüentemente, a sua descoloração. Quanto maior for a quantidade de insaturações do óleo, mais descolorida ficará a solução.
- III. Falsa. O amido é um polímero natural da α -D-glicose. O dímero formado pela união da glicose e da frutose é a sacarose.
- IV. Falsa. Um triglicerídeo poli-insaturado é mais suscetível à oxidação pelo oxigênio do ar do que um triglicerídeo saturado, devido à presença das ligações π .

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra C

Comentário: Na alternativa C, as moléculas de adenina e timina têm o hidrogênio ligado covalentemente ao nitrogênio e interagindo com uma região de elevada densidade eletrônica – átomos de nitrogênio e oxigênio –, conforme representado a seguir:



Questão 02 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, é necessário que sejam identificadas todas as possibilidades de ocorrência de ligação de hidrogênio entre os pares de bases nitrogenadas AT e GC. Percebe-se, na alternativa A, a falta de uma ligação de hidrogênio entre os pares AT, e na alternativa E, a falta de uma interação entre os pares GC. Nas alternativas B e D, verifica-se a falta de uma interação em cada par de base nitrogenada. A alternativa C é a única que apresenta todas as interações possíveis de serem estabelecidas entre as bases AT e GC.

Questão 03 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

Falsa. Os óleos e as gorduras naturais são triésteres de ácidos graxos e glicerina, e costumam ser denominados triacilgliceróis.

Falsa. As gorduras possuem grupos saturados em sua estrutura, enquanto os óleos possuem cadeias insaturadas.

Falsa. Os óleos e as gorduras pertencem ao grupo de biomoléculas conhecidas como lipídios.

Verdadeira. Os óleos e as gorduras são ésteres e derivam de ácidos carboxílicos e de álcoois. Os ácidos graxos, nome dado aos ácidos carboxílicos que participam da reação de formação dos óleos e das gorduras, possuem cadeia carbônica longa contendo doze ou mais átomos de carbono.

Verdadeira. Essas lipídios derivam da reação entre ácidos carboxílicos de cadeia longa e de álcoois, sendo o principal deles o glicerol ou glicerina.

Questão 04 – Letra E

Comentário: O enunciado da questão trata da conservação da carne de panela em meio à gordura da própria carne. Devido à polaridade e a densidade, a gordura se solidifica por cima da fase aquosa, após o seu resfriamento, facilitando a retirada do excesso de gordura do alimento. Esse processo favorece a solubilização de diversos outros nutrientes lipossolúveis, que se solubilizam sobretudo nos lipídios. Com a retirada da camada de gordura, perde-se também esses nutrientes apolares, tais como o caroteno, que nela estão solubilizados.

Questão 05 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- Incorreta. Os óleos vegetais não são substâncias puras, e sim uma mistura de ésteres de ácidos graxos saturados e insaturados que os compõem.
- Correta. Dentre os óleos citados, o de coco é o que apresenta maior temperatura de fusão (25 °C). Portanto, a 20 °C o produto de coco está no estado sólido.
- Correta. Pela análise direta do gráfico, o óleo de girassol é o que apresenta maior quantidade de poliinsaturações.
- Incorreta. Na temperatura de -10 °C, os óleos de canola e de oliva apresentam-se no estado sólido, pois as temperaturas de fusão desses compostos são, respectivamente, -10 °C e -6 °C.

Questão 06 – Letra C

Comentário: Analisando cada alternativa, temos:

- Correta. Os lipídios são moléculas insolúveis em água e desempenham a função de armazenamento de energia metabólica. Os ésteres de ácidos graxos, que são os óleos e as gorduras, são substâncias pertencentes ao grupo dos lipídios.
- Correta. Os carboidratos são aldoses ou cetoses poli-hidroxiladas, e são consideradas as principais fontes de energia na alimentação dos seres humanos.

- III. Correta. Os aminoácidos são compostos que apresentam as funções amina e ácido carboxílico e, por isso, são considerados como compostos de função mista. Algumas proteínas, formadas pela união de aminoácidos, tem função estrutural, como é o caso do colágeno e da queratina
- IV. Incorreta. Enzimas são proteínas que atuam como catalisadores de processos biológicos.

Questão 07 – Soma = 30

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

01. Incorreta. São considerados ácidos graxos saturados os compostos que apresentam apenas ligações simples entre os átomos de carbono da cadeia.
02. Correta. As vitaminas lipossolúveis são miscíveis apenas em compostos apolares, tais como os lipídios. Por isso é necessário que uma dieta saudável possua certa quantidade de óleos e gorduras.
04. Correta. Os glicerídeos são constituídos por moléculas de glicerol (propanotriol) ligado a até três moléculas de ácido graxo, formando os ésteres de ácidos graxos, mais conhecidos como óleos ou gorduras.
08. Correta. Óleos e gorduras pertencem ao grupo dos glicerídeos, e a principal diferença entre eles está relacionado ao estado físico à temperatura ambiente: os óleos são líquidos enquanto as gorduras são sólidas.
16. Correta. A hidrogenação catalítica à dupla ligação entre os carbonos das moléculas dos óleos é o processo pelo qual se produz a margarina, de consistência pastosa à temperatura ambiente.

Questão 08 – Letra C

Comentário: O sabão é um sal de ácido graxo de cadeia longa formado pela reação entre um óleo ou gordura e uma base forte, geralmente NaOH e KOH. Sua estrutura apresenta o ânion do ácido graxo ($-\text{COO}^-$) e o cátion da base utilizada no processo (Na^+ ou K^+ , dependendo da base). Logo, a única que apresenta essas características é a descrita na alternativa C.

Questão 09 – Letra D

Comentário: Analisando cada alternativa, temos:

- A) Correta. Óleo é um tipo de lipídio insaturado. Como todo lipídio, os óleos são imiscíveis em água devido a diferença de polaridade entre essas substâncias.
- B) Correta. A molécula de sabão possui uma parte apolar e uma parte polar e, portanto, é miscível tanto em água quanto em gordura. Devido à essa dupla afinidade, formam-se micelas que permite a remoção das gorduras pela interação do sabão com a água.
- C) Correta. O composto NaOH é uma base inorgânica, pois em meio aquoso libera íons hidroxila.
- D) Incorreta. A reação de formação do sabão é denominada saponificação, em que óleos ou gorduras sofrem hidrólise alcalina com a produção de glicerina e sabão.

Seção Enem

Questão 01 – Letra B

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: A relação entre a quantidade de átomos de carbono e o número de insaturações é representada da seguinte maneira: CX:Y , sendo X a quantidade de átomos de carbono e Y a quantidade de insaturações. Dessa forma, a palma apresenta o maior teor de ácidos graxos saturados ($\text{C}_{14:0}$; $\text{C}_{16:0}$; $\text{C}_{18:0}$) e o menor teor de ácidos graxos insaturados ($\text{C}_{18:2}$; $\text{C}_{18:3}$) e, portanto, é a fonte que produzirá um biodiesel com maior resistência à oxidação.

Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 7

Habilidade: 26

Comentário: Devido à crescente preocupação mundial com o agravamento do efeito estufa, as empresas, atualmente, têm a necessidade de desenvolver processos mais sustentáveis e limpos, a fim de manter a competitividade e seus processos de produção de acordo com as legislações ambientais. Nesse sentido, a produção dos biocombustíveis foi incentivada, visto que estes se tornaram uma grande aposta para a matriz energética nacional, pois são mais baratos e reduzem significativamente a emissão de gases estufa no ambiente. Esses combustíveis são obtidos de plantas ou massa orgânica e, por isso, são classificados como fonte de energia renovável. Sua produção é sustentável, pois a emissão de óxidos de carbono em sua queima não altera significativamente a quantidade de carbono na atmosfera (ciclo do carbono), já que durante o cultivo de suas matérias-primas, no processo de fotossíntese, há o consumo desses gases. Além disso, sua produção gera novos empregos no campo em função da demanda energética do país. A produção dos biocombustíveis a partir de milho, soja e outros grãos ocorre principalmente pelo processo de fermentação alcoólica. No entanto, a produção pela degradação de matéria orgânica depende da tecnologia de quebra da celulose que ainda é cara e, conseqüentemente, encarece o produto final.

MÓDULO – C 23

Química Ambiental I

Exercícios de Aprendizagem

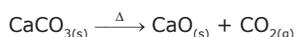
Questão 01 – V V

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada um dos itens.

1. Verdadeiro. A combustão completa de todo composto orgânico origina, como um dos produtos, gás carbônico, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa. O aumento da concentração atmosférica desse gás se deve, principalmente, ao aumento do desmatamento, aumento das queimadas de florestas, utilização de combustíveis fósseis como fontes de energia e à diminuição do reflorestamento, que acarreta a diminuição da taxa de fotossíntese, responsável pela transformação de CO_2 em carboidratos.
2. Verdadeiro. No Brasil, o álcool etílico é utilizado para aumentar a octanagem da gasolina, aumentando a quantidade de energia liberada por mol de gasolina disponibilizada para a combustão. O álcool etílico apresenta uma taxa de combustão incompleta menor do que a gasolina, diminuindo, assim, a quantidade de CO lançada na atmosfera.

Questão 02 – Letra B

Comentário: O processo de produção de CaO corresponde a uma decomposição térmica do carbonato de cálcio. Esse processo, em que há liberação de $\text{CO}_{2(g)}$, pode ser representado pela seguinte equação:



O processo de fotossíntese é responsável pela transformação de CO_2 em carboidratos, diminuindo a quantidade atmosférica desse gás, o que torna a alternativa B incorreta.

A combustão completa de todo composto orgânico origina, como um dos produtos, gás carbônico, aumentando sua concentração na atmosfera.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Os principais gases atmosféricos que contribuem para o agravamento do efeito estufa são H_2O , N_2O , CFCs (espécies químicas polares), CO_2 e CH_4 (espécies químicas apolares que apresentam múltiplos movimentos vibracionais na região do infravermelho).

Questão 04 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) A decomposição da matéria libera CH_4 e a queima de combustíveis fósseis liberam, sobretudo, CO_2 . Esses gases são considerados estufas devido à capacidade de absorver e emitir radiação infravermelha.

- B) As queimadas de florestas aumentam a concentração do gás estufa CO_2 , enquanto que a preferência ao transporte coletivo diminui a emissão de CO_2 na atmosfera.
- C) A reciclagem do papel evita o corte desnecessário de árvores e contribui para a diminuição da concentração de CO_2 na atmosfera, enquanto o aumento da atividade agrícola diminui as regiões de floresta, contribuindo para o aumento na concentração de CO_2 .
- D) A queima de combustíveis fósseis aumenta a concentração de CO_2 . Já o reflorestamento auxilia na diminuição da concentração desse gás estufa.
- E) O reflorestamento auxilia na diminuição da concentração do gás estufa CO_2 , ao passo que a atividade industrial eleva a concentração desse gás na atmosfera.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O consumo de gás carbônico na fotossíntese realizada pelas plantas não é suficiente para retirar da atmosfera todo o CO_2 gerado na queima de combustíveis fósseis.
- B) Incorreta. O metano é considerado um dos gases estufa de maior potencial. Sua produção, natural ou antropogênica, aumenta sua concentração na atmosfera e potencializa a retenção de energia térmica na Terra, o que intensifica o efeito estufa.
- C) Incorreta. Os gases como CH_4 , N_2O , CFCs, etc., são gases conhecidos como gases estufa, pelo fato de serem capazes de reter parte da energia térmica recebida do Sol na atmosfera da Terra.
- D) Correta. O CO_2 e o CH_4 são gases estufa e, independentemente de sua origem, possuem a propriedade de reter a energia térmica originada do Sol e provocar o fenômeno do efeito estufa.
- E) Incorreta. *Vide* comentário da alternativa D.

Questão 06 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O metano não reage com as moléculas de água para a formação de um ácido causador da chuva ácida.
- B) Correta. O metano é um poluente proveniente principalmente da decomposição de matéria orgânica. É considerado um gás estufa e, portanto, um causador do aquecimento global.
- C) Incorreta. A combustão do metano libera $\text{C}_{(s)}$ e $\text{CO}_{2(g)}$ para a atmosfera. Esses gases não são responsáveis que quebra da molécula de ozônio e não influenciam nesse processo.
- D) Incorreta. A combustão completa do metano libera CO_2 e água, conforme a equação $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.
- E) Incorreta. A combustão incompleta do metano libera fuligem e água: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$.

Questão 07 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Os CFCs não contribuem para o fenômeno da chuva ácida. Contudo, são potenciais gases estufa por absorverem radiação na região do infravermelho do espectro eletromagnético.
- B) Incorreta. Os CFCs são destruídos na estratosfera pela radiação U.V. e liberam espécies de cloro radicalar que atacam as moléculas de ozônio.
- C) Correta. O ozônio troposférico é considerado um gás poluente, devido à sua toxicidade aos animais e as plantas.
- D) Incorreta. A concentração de ozônio na estratosfera é um fenômeno relacionado à destruição da camada de ozônio, e não ao aquecimento global.

Questão 08 – Letra B

Comentário: Os gases CFCs são instáveis e originam cloro atômico, que, por sua vez, catalisa o processo de conversão de ozônio em oxigênio. Logo, a alternativa A está incorreta e a alternativa B, correta.

Os gases hálons (hidrocarbonetos halogenados), usados nos sistemas de refrigeração, propulsão e combate a incêndio, podem escapar para a troposfera, originando radicais livres halogênios, destruindo a camada de ozônio. Portanto, a alternativa C está incorreta.

O composto bromoclorotrifluórometano não existe, pois o carbono é tetravalente e não pode apresentar cinco ligantes halogênios. Assim, a alternativa D está incorreta.

As baixas temperaturas do inverno no Polo Sul contribuem para a formação de nuvens polares estratosféricas que apresentam moléculas contendo cloro e bromo. Quando chega a primavera polar, em setembro, a combinação da luz solar com essas nuvens leva à formação de radicais de cloro e bromo, aumentando a destruição da camada do ozônio. Então, a alternativa E está incorreta.

Exercícios Propostos**Questão 01 – V F V V V**

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada um dos itens.

1. Verdadeiro. A combustão completa de todo composto orgânico origina, como um dos produtos, gás carbônico, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa. O aumento da concentração atmosférica desse gás aumenta a temperatura média da Terra e, conseqüentemente, provoca alterações climáticas intensas.
2. Falso. O *El Niño* é um fenômeno climático, de caráter atmosférico-oceânico, que promove o aquecimento anormal das águas superficiais e subsuperficiais do Oceano Pacífico Equatorial. Esse fenômeno não tem origem no aumento da concentração de gás carbônico atmosférico.
3. Verdadeiro. A combustão incompleta de todo composto orgânico origina, como um dos possíveis produtos, o gás monóxido de carbono – gás tóxico que atua impedindo a formação do complexo oxiemoglobina, o qual carrega oxigênio para o interior das células. A combustão incompleta (processo de oxidação) do álcool etílico pode originar aldeídos de baixa massa molar, que são substâncias tóxicas e irritantes aos olhos e às vias respiratórias.
4. Verdadeiro. O álcool etílico é o combustível automotivo menos poluente, devido ao seu maior poder de octanagem, ausência de compostos sulfurados, como impurezas, menor taxa de combustão incompleta e maior quantidade de energia liberada por mol de gás carbônico, originado em combustão completa. O combustível automotor mais poluente utilizado no Brasil é o óleo diesel, devido às características contrárias às do álcool etílico. Entretanto, a taxa poluente do diesel tende à diminuir, pois a produção de biodiesel e a sua mistura ao diesel mineral está aumentando ano após ano.
5. Verdadeiro. O ozônio troposférico é poluente, visto que é um gás tóxico devido ao seu elevado poder oxidante às células animais e vegetais.

Questão 02 – Soma = 07

Comentário: Analisando cada uma das afirmativas, temos que:

01. Correta. A combustão incompleta de combustíveis fósseis leva à formação de CO como produto. Esse gás provoca prejuízos à respiração de seres humanos e de animais pelo fato de apresentar elevada afinidade pela molécula de hemoglobina, ligando-se preferencialmente à ela em vez do oxigênio, comprometendo a oxigenação das células.
02. Correta. Alguns poluentes atmosféricos são altamente cancerígenos, entre eles estão os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HAP).
04. Correta. A queima de combustíveis fósseis liberam óxidos de nitrogênio na atmosfera. Esses gases são capazes de reagir com moléculas de vapor de água, formando ácido nitroso e nítrico de acordo com a seguinte reação:

$$2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$$
08. Incorreta. O ozônio é um poluente secundário, pois é formado por reações complexas entre dois poluentes atmosféricos na troposfera (camada inferior da atmosfera). Basicamente, o NO_2 reage com o O_2 , na presença de luz solar, formando o O_3 como produto.
16. Incorreta. A formação de ozônio em baixas altitudes leva ao aumento da taxa respiratória das plantas e, como consequência, promove a diminuição da taxa de fotossíntese das plantas levando à diminuição de sua produtividade.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- I. Verdadeira. O aumento da temperatura favorece a vaporização da água, uma vez que as moléculas adquirem maior energia cinética e mais facilmente se desprendem da superfície do líquido. O vapor de água gerado é capaz de absorver radiação infravermelha, contribuindo para a retenção do calor na Terra.
- II. Verdadeira. Um dos produtos da combustão de combustíveis fósseis é o CO_2 , um gás estufa que possui a propriedade de reter a energia térmica originada do Sol, aquecendo o planeta. Porém, alguns poluentes presentes na atmosfera, como o SO_2 , liberado durante as erupções vulcânicas, por exemplo, ao invés de absorver a radiação infravermelha, são capazes de refleti-la, não contribuindo dessa forma para o aquecimento da Terra.
- III. Verdadeira. Algumas plantas utilizam CO_2 e H_2O para a produção de energia, glicose e O_2 em um processo denominado fotossíntese. Dessa forma, em um primeiro momento, o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera é um fator que pode contribuir para o aumento da taxa fotossintética dessas plantas.

Questão 04 – Soma = 07

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

01. Correta. A queima da matéria orgânica pode ser considerada um processo de reciclagem, uma vez que a matéria orgânica sofre modificação em sua constituição ao ser utilizada como matriz energética para produzir energia.
02. Correta. Com o desmatamento, o solo fica sem proteção contra a ação da força das chuvas, acarretando erosão e empobrecimento do solo devido à lixiviação dos minerais nele presentes.
04. Correta. Mercúrio e inseticidas apresentam de efeito cumulativo e, portanto, são encontrados em maior concentração em níveis tróficos superiores.
08. Incorreta. A grande disponibilidade de nutrientes nas águas eutrofizadas acarreta o rápido crescimento de algas na superfície, que impedem a penetração de luz, diminuindo a taxa fotossintética nas camadas inferiores, ocasionando o déficit de oxigênio, que se torna insuficiente para atender a demanda respiratória dos organismos aeróbios. Os peixes e mamíferos aquáticos não conseguem sobreviver em virtude das condições de baixo suprimento de oxigênio, aumentando ainda mais o teor de matéria orgânica no meio. A desoxigenação da água permite o desenvolvimento de bactérias anaeróbias, que decompõem a matéria orgânica, produzindo compostos como o metano.

Observação: O aumento da quantidade de nutrientes, em um primeiro momento, promove o crescimento indiscriminado de bactérias aeróbicas, anaeróbicas e aeróbicas facultativas. No entanto, é pouco comum

considerar que a eutrofização acarreta uma multiplicação de bactérias aeróbicas sem ressaltar que esse evento ocorre somente no estágio inicial do processo.

16. Incorreta. O petróleo e o gás natural são matérias-primas não renováveis.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- I. Incorreta. O efeito estufa é um fenômeno natural que proporciona a retenção de calor recebido do Sol por algumas moléculas de gases que compõem a atmosfera terrestre e, portanto, é essencial para a vida no planeta. A ação antropogênica tem intensificado o efeito estufa, o que tem gerado muitos prejuízos para o planeta como um todo.
- II. Correta. O efeito estufa é causado pela retenção de parte da energia térmica proveniente do Sol por gases presentes na atmosfera. Quando as moléculas de alguns gases recebem radiação, ocorrem deformações em suas configurações devido ao movimento vibracional intensificado. Essas deformações tornam alguns gases ativos no infravermelho, fazendo com que sejam capazes de absorver e emitir radiação nessa região do espectro eletromagnético. O acúmulo de gases estufas provoca a elevação da temperatura média do planeta, pois maior será o número de moléculas absorvendo e emitindo radiação infravermelha.
- III. Incorreta. A queima de combustíveis fósseis libera grande quantidade de gás carbônico, que é um dos gases estufas liberados em maior escala pelo ser humano.
- IV. Correta. O gás carbônico é um gás estufa por apresentar a capacidade de absorver e irradiar na faixa do infravermelho, conforme explicado no item II.

Questão 06 – Letra A

Comentário: A solubilidade dos gases em água é reduzida com a elevação da temperatura. Dessa forma, a menor disponibilidade de CO_2 nas águas oceânicas, devido ao efeito estufa, faz com que haja um menor consumo desse gás pelos seres fotossintetizantes.

Questão 07

Comentário:

- A) As equações mostram que o cloro produzido por decomposição fotolítica decompõe o ozônio, formando óxido de cloro e O_2 . O monóxido de cloro produzido regenera o cloro que reinicia o ciclo de destruição do ozônio. A figura mostra que quanto maior for a concentração de monóxido de cloro, menor será a concentração de ozônio, justamente porque o monóxido de cloro é produto da reação de decomposição do ozônio.
- B) Os CFCs são responsáveis pela formação do cloro que destrói o ozônio. Desse modo, ao se proibir a sua produção, evita-se a destruição da camada de ozônio.

Seção Enem

Questão 01 – Letra C

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 1

Habilidade: 4

Comentário: Um recurso energético que atende aos princípios da Química Verde é o biocombustível, uma vez que é produzido a partir da biomassa renovável e provoca menor impacto ao meio ambiente.

Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 3

Habilidade: 8

Comentário: A cana-de-açúcar utilizada para a fabricação do plástico verde é um recurso renovável que, além de poder ser replantada, colabora na absorção de CO₂ durante a fotossíntese, diminuindo a concentração desse gás na atmosfera.

Questão 03 – Letra A

Eixo cognitivo: V

Competência de área: 1

Habilidade: 4

Comentário: A síntese verde do ácido adípico pode ser considerada como um excelente exemplo em que os princípios da química verde foram alcançados. A rota verde (2ª rota) é um método alternativo que contribui positivamente em comparação à primeira rota, pois é realizada em uma única etapa, o que representa uma menor quantidade de reagentes consumidos. Além disso, a rota tradicional é responsável pelo lançamento na atmosfera de N₂O (óxido nitroso), considerado um dos principais contribuintes para o efeito estufa.

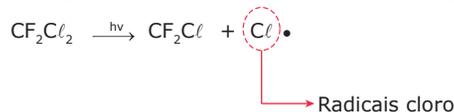
Questão 04 – Letra B

Eixo cognitivo: II

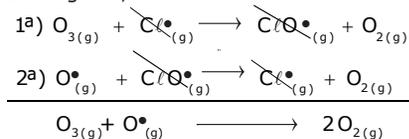
Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: A depleção do ozônio da estratosfera pelos CFCs, ilustrada na figura, pode ser representada pelas reações:



Em seguida, os radicais cloro atacam o ozônio em duas etapas:



Assim, percebe-se que o ozônio está sendo transformado em oxigênio molecular, e que o Cl·_(g) atua como catalisador no processo. Portanto, a alternativa correta é a B.

Questão 05 – Letra D

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 3

Habilidade: 9

Comentário: No aterro sanitário, os lixos orgânico e inorgânico são cobertos com terra. Assim, a matéria orgânica sofre decomposição anaeróbia, gerando biogás, cujo principal contribuinte é o gás metano.

Questão 06 – Letra B

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 3

Habilidade: 9

Comentário: As usinas termelétricas geram energia a partir de reações químicas exotérmicas. Tais reações, usualmente, produzem gases poluentes que são emitidos na atmosfera; por essa razão, tornam-se necessários métodos para minimizar o impacto causado por eles.

Questão 07 – Letra A

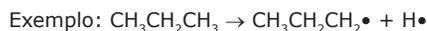
Eixo cognitivo: III

Competência de área: 7

Habilidade: 26

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. Os gases isobutano, butano e propano são alcanos cujas moléculas possuem baixa reatividade, decorrente da baixa polaridade de suas moléculas e das energias de ligação C—C e C—H serem relativamente altas. A utilização desses compostos em aerossóis possui, como finalidade, a substituição do clorofluorcarbono como gás propelente, uma vez que não possuem cloro em sua composição, responsável pela degradação do ozônio na estratosfera.
- B) Incorreta. Os alcanos também são conhecidos como parafinas devido à sua baixa reatividade.
- C) Incorreta. O isobutano, o butano e o propano podem reagir com o ar (O₂), produzindo CO₂ e H₂O em um processo não espontâneo de combustão nas condições atmosféricas.
- D) Incorreta. A interação dos gases isobutano, butano e propano com a radiação ultravioleta leva à formação de radicais (espécies que possuem um elétron desemparelhado). Devido à baixa polaridade da ligação C—H, a radiação ultravioleta promove uma cisão homolítica dessa reação, gerando dois radicais.



A formação do radical alquila e do radical hidrogênio não participa da degradação do ozônio conforme as reações apresentadas. Os radicais alquila formados reagem entre si, formando novos hidrocarbonetos.

- E) Incorreta. *Ver* comentário da alternativa D.

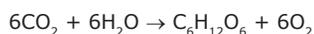
Questão 08 – Letra D

Eixo cognitivo: V

Competência de área: 19

Habilidade: 5

Comentário: Os organismos autotróficos são capazes de produzir seu próprio alimento, transformando substâncias inorgânicas em substâncias orgânicas, utilizando alguma forma de energia para promover tal processo. Os organismos fotossintetizantes são exemplos de organismos autotróficos que aproveitam a energia luminosa proveniente do Sol para transformar gás carbônico e água em glicose e oxigênio. Esse processo é altamente complexo e ocorre por meio de várias etapas metabólicas, sendo simplificada representado por:



Os organismos heterotróficos não são capazes de produzir seu próprio alimento e necessitam degradar alguma substância orgânica para obter energia. Os seres heterotróficos aeróbicos utilizam O_2 , presente no ar atmosférico ou dissolvido na água, para degradar substâncias orgânicas, transformando-as em CO_2 e H_2O e, assim, obter energia.

Questão 09 – Letra D

Eixo cognitivo: V

Competência de área: 5

Habilidade: 19

Comentário: Conforme o texto da questão, a principal causa da proliferação da praga branca é atribuída ao aquecimento global e à poluição marinha. As medidas a serem tomadas devem ter como objetivo atenuar esses impactos, a fim de diminuir a proliferação das patologias no banco de corais.

Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. Adicionar antibióticos à água é uma medida insegura, pois isso iria alterar sua composição, podendo comprometer outras espécies além da bactéria causadora da doença.
- B) Incorreta. Os aterros sanitários são locais apropriados para a deposição de lixo. Consistem em uma maneira de prevenir a poluição das águas e dos solos pelos resíduos provenientes de atividades humanas. Os centros de reciclagem são locais onde ocorrem a triagem e o reaproveitamento de materiais como papel, plástico, alumínio, etc. encontrados no lixo. A reciclagem tem como principal objetivo a minimização da utilização de fontes naturais. A substituição de aterros sanitários por centros de reciclagem não tem sentido, uma vez que esses dois locais tem objetivos diferentes no tratamento de resíduos. Esses ambientes se completam e são essenciais para o desenvolvimento autossustentável.
- C) Incorreta. Introduzir novas espécies marinhas nas águas de Abrolhos é uma medida insegura, uma vez que a nova espécie poderia causar um desequilíbrio no ecossistema marinho.

- D) Correta. A queima de combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo, gera gás carbônico, o principal gás responsável pelo efeito estufa. Diminuir a queima desse tipo de combustível é uma medida que atenuaria o aumento da temperatura média mundial, consistindo em uma forma duradoura de combater a bactéria causadora da praga branca.
- E) Incorreta. De acordo com os cientistas, a proliferação das bactérias está associada com a poluição marinha e com o aumento da temperatura das águas.

Questão 10 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 3

Habilidade: 8

Comentário: O hidrogênio poderia ser obtido a partir de carboidratos ou hidrocarbonetos. Dessas duas opções, aquela que causaria menor impacto ambiental seria a obtenção a partir de carboidratos, já que a matéria-prima utilizada é renovável. Além disso, no cultivo de vegetais, fontes de carboidratos, parte do CO_2 gerado pelo processo de obtenção do hidrogênio é consumido no processo de fotossíntese.

Questão 11 – Letra A

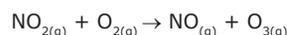
Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das explicações.

- I. Plausível. O gráfico mostra que no período compreendido entre 6 e 9 horas a concentração de NO diminui e a concentração de NO_2 aumenta. Nesse caso, o óxido de nitrogênio é convertido em dióxido de nitrogênio, conforme a seguinte equação:
- II. Plausível. Com base no gráfico, verifica-se que a concentração de CO atinge um valor máximo nos horários de pico (aproximadamente, às 10 e 18 horas). Nesses horários, o fluxo de veículos é intenso e, por isso, há emissão de maior quantidade de CO na atmosfera, produto originado pela combustão incompleta de combustíveis nos motores dos veículos.
- III. Implausível. Os óxidos de nitrogênio são emitidos enquanto existir fluxo de veículos. No entanto, essa emissão se intensifica nos horários de pico, quando o fluxo de veículos é grande.
- IV. Implausível. Nos horários de maior insolação, o aumento da concentração de $\text{O}_3(\text{g})$ provém da seguinte reação, que é favorecida pelo aumento da temperatura.



MÓDULO – C 24

Química Ambiental II

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

Comentário: Analisando cada alternativa, temos:

Verdadeiro. O vidro e o alumínio mantem suas características após serem reciclados, podendo, inclusive, ser reutilizados mais de uma vez.

Falso. O vidro pode ser reciclado infinitas vezes, uma vez que suas características não são alteradas durante a reciclagem.

Verdadeiro. Por meio da reciclagem tem-se a redução dos custos de matérias-primas utilizadas em alguns produtos, além da economia de recursos energéticos que seriam empregados na fabricação de um novo produto.

Falso. Ainda é pouco o montante de materiais que são destinados à reciclagem, sendo o volume recuperado muito abaixo das necessidades das indústrias.

Verdadeiro. A reciclagem é uma das maneiras de reaproveitar o que é considerado como lixo, dando novos destinos ao material que antes eram destinados às latas de lixo.

Questão 02 – Soma = 28

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

01. Incorreta. Ácido sulfúrico, ácido fluorídrico, ácido nítrico e ácido clorídrico não são substâncias radioativas. Os resíduos radioativos produzidos pelas usinas nucleares, como aqueles oriundos da fissão nuclear do urânio, são enterrados em caixas extremamente protegidas. Porém, existem riscos de contaminação, caso elas sejam acidentalmente desenterradas.

02. Incorreta. Papel, plásticos, restos de alimentos, cascas de frutas e verduras são resíduos orgânicos, enquanto latas e vidros são resíduos inorgânicos presentes no lixo domiciliar. Parte dos resíduos inorgânicos e orgânicos tem sido atualmente reciclada devido à coleta seletiva.

04. Correta. Alguns resíduos podem causar danos ao ambiente e ao homem caso sejam descartados de forma inadequada. Entre eles estão as lâmpadas elétricas, pilhas e tintas que contêm metais pesados extremamente tóxicos. Para evitar o risco de contaminação ambiental e possíveis danos à saúde pública, as empresas fabricantes de pilhas e baterias, por exemplo, são responsáveis pela coleta desses produtos após sua vida útil.

08. Correta. Devido ao elevado risco de contaminação ao meio ambiente e aos seres humanos, existem normas que regulamentam o correto procedimento a ser realizado com relação aos lixos hospitalares e sua destinação. Essas normas estabelecem medidas a serem adotadas de forma a prevenir danos ao ambiente e àqueles que de alguma forma manipulam esse tipo de resíduo, seja no armazenamento, na coleta, no transporte ou no tratamento do lixo.

16. Correta. Os resíduos de atividade industrial são responsáveis por vários impactos ambientais e são descartados, na maioria das vezes, em recursos hídricos. O dióxido de enxofre é um dos resíduos gerado pelas indústrias e é lançado na atmosfera. Esse composto transforma-se em SO_3 , o qual se dissolve na água da chuva, formando o ácido sulfúrico, dando origem à chuva ácida.

Questão 03 – Letra C

Comentário: A correta associação entre os materiais da coluna A e os meios de tratamento descritos na coluna B são:

1. Devido ao elevado tempo para degradação no meio ambiente, os objetos feitos de vidro devem ser destinados à reutilização, pois esse material pode ser reaproveitado várias vezes e em diversas maneiras diferentes daquela para a qual foi fabricada.
2. As latas de alumínio devem ser destinadas à reciclagem, em um processo no qual pode-se reaproveitar o material para a produção de outra lata de alumínio, com as mesmas finalidades da lata original.
3. A matéria orgânica doméstica deve ser direcionada aos aterros sanitários, que necessitam de sérios cuidados na concepção, manutenção e disposição dos resíduos, uma vez que a decomposição da matéria orgânica gera resíduos indesejáveis ao meio ambiente.
4. O material orgânico em lixo hospitalar deve ser incinerado, devido ao risco de contaminação do solo, proliferação de doenças e microrganismos que afetam outros seres vivos.

Logo, a associação correta entre os materiais e o tratamento a ser dado a eles é 3 – 4 – 2 – 1.

Questão 04 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

1ª afirmativa. Verdadeira. A reciclagem reduz a matéria-prima extraída do ambiente porque o material reciclado volta ao processo produtivo. Com isso, reduz-se a também a quantidade de resíduos produzidos.

2ª afirmativa. Falsa. *Vide* comentário referente à 1ª afirmativa.

3ª afirmativa. Falsa. A reciclagem e o reaproveitamento reduzem o volume de resíduos sólidos produzidos, entretanto, conforme explicação dada na primeira alternativa, a reciclagem reduz a extração de matéria-prima do ambiente.

4ª afirmativa. Falsa. O reaproveitamento diminui o volume de resíduos sólidos produzidos. Isso ocorre porque materiais que seriam descartados são transformados em novos produtos. Entretanto, o reaproveitamento não interfere na quantidade de matéria-prima extraída do ambiente, na medida em que a finalidade do novo material produzido é diferente da finalidade do material inicialmente produzido. Dessa forma, a exploração dos recursos naturais necessários para a produção do material cuja finalidade é a mesma do material produzido inicialmente não é reduzida.

5ª afirmativa. Verdadeira. *Vide* comentário referente à 4ª afirmativa.

Questão 05 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A chuva ácida provoca impactos negativos tanto em meios alcalinos quanto em meios ácidos, uma vez que altera o pH de qualquer um dos meios.
- B) Incorreta. Os seres aquáticos são afetados pela alteração do pH das águas, pois a chuva ácida contribui para a diminuição do pH da água e, conseqüentemente, para a modificação do meio e da qualidade de vida dos peixes e microrganismos que habitam lagos e rios afetados.
- C) Correta. O processo de remoção de enxofre nos combustíveis fósseis, denominado hidrodessulfurização, e a diminuição na emissão de óxidos de enxofre na atmosfera são ações que diminuem a ocorrência de chuvas ácidas e os impactos por ela causados.
- D) Incorreta. O NO_2 altera o pH da chuva, pois é capaz de reagir com o vapor de água e formar o ácido nítrico, um dos responsáveis pela acidez da chuva.
- E) Incorreta. O dióxido de enxofre reage com oxigênio atmosférico e é convertido à trióxido de enxofre que, ao reagir com vapor de água, leva à formação do ácido sulfúrico H_2SO_4 . Os íons H^+ provenientes do ácido são os responsáveis pelos efeitos danosos da chuva ácida.

Questão 06 – Letra A

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Correta. A ocorrência de chuvas ácidas promove a acidificação de corpos d'água. Devido à solubilidade do alumínio em meios ácidos, este se torna tóxico para os peixes em ambientes aquáticos, pois atuam nas brânquias de maneira a dificultar a respiração desses animais.
- B) Incorreta. Os ácidos nítrico e sulfúrico diminuem o pH da água da chuva, potencializando os efeitos nocivos causados pela excessiva acidez da água.
- C) Incorreta. A queima de compostos que tenha enxofre libera óxidos de enxofre para a atmosfera. O óxido reage com a água durante as precipitações formando ácidos que alteram o pH natural da chuva.
- D) Incorreta. Os meios aquáticos como um todo sofrem com a alteração de seu pH natural provocado pela acidez das chuvas.

Questão 07 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O etanol e o metano não são gases de enxofre, uma vez que esse elemento químico não participa da composição desses combustíveis.
- B) Incorreta. O texto fala sobre o fenômeno da chuva ácida, um dos problemas intensificados pela ação do homem.
- C) Correta. A solubilização do CO_2 presente na atmosfera em água leva a formação do ácido carbônico, de acordo com a seguinte equação química:



- D) Incorreta. A chuva ácida não ocorre somente nas grandes cidades, visto que os gases lançados na atmosfera podem se mover com a ação das correntes de ar, levando os poluentes para regiões distantes dos grandes centros urbanos.
- E) Incorreta. O ácido sulfúrico provoca a diminuição do pH da água, acidificando o meio.

Questão 08 – Soma = 12

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

- 01. Incorreta. No decorrer da cadeia alimentar, os produtores são consumidos por herbívoros e a quantidade de substância tóxica ingerida permanecerá no seu organismo, uma vez que esta não pode ser metabolizada. Posteriormente, um ser vivo consome outro e os poluentes se acumulam na cadeia alimentar. Portanto, as espécies que mais sentem os efeitos da acumulação de metais pesados são os consumidores terciários, pois ingerem muito mais poluentes do que todos os outros participantes da cadeia.
- 02. Incorreta. Devido aos despejos dos resíduos tóxicos das fábricas e fazendas nesse rio, com o passar do tempo, ocorrerá a diminuição na quantidade de oxigênio disponível na água e, com isso, haverá o aumento da quantidade de bactérias anaeróbicas.
- 04. Correta. Os metais pesados ficam retidos nas células do corpo humano gerando sérios problemas de saúde. Ao passar de um nível trófico para outro, dentro de uma cadeia alimentar, a quantidade de poluentes se torna cada vez mais concentrada, podendo chegar a uma concentração altíssima no corpo de um consumidor secundário ou terciário, causando doenças.
- 08. Correta. Os metais são elementos que possuem grandes raios, devido à baixa carga nuclear, se comparados aos outros elementos do mesmo período. Conseqüentemente, possuem baixos potenciais de ionização, o que faz com que os elétrons tenham maior mobilidade e, portanto, sejam bons condutores de corrente elétrica.
- 16. Incorreta. A eutrofização é um processo que envolve, inicialmente, o rápido crescimento de vegetação superficial e / ou algas, devido ao lançamento de matéria orgânica em águas paradas ou lentas. Essa vegetação superficial e / ou algas podem cobrir a superfície aquática, promovendo a diminuição do contato entre o oxigênio do ar e a água. Posteriormente, há também diminuição da penetração da luz, o que leva à redução da taxa fotossintética e, conseqüentemente, um déficit de oxigênio para atender à demanda respiratória dos organismos aeróbios.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra B

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O monóxido de carbono é um gás produzido por meio da reação de combustão incompleta de moléculas constituídas de carbono. Esse gás, extremamente tóxico, quando combinado com a hemoglobina do sangue, inviabiliza o transporte de oxigênio nas células.

- B) Correta. Os pesticidas orgânicos clorados causam sérios riscos ao meio ambiente e à saúde do ser humano. Aplicações desses pesticidas em lavouras podem contaminar lençóis freáticos e rios, levando à morte de seres que vivem nesses locais.
- C) Incorreta. O mercúrio, à temperatura ambiente, é um metal que se encontra no estado líquido e não no estado sólido.
- D) Incorreta. O ácido sulfúrico e o ácido nítrico provenientes de reações que ocorrem entre óxidos de caráter ácido com o vapor d'água presente na atmosfera, são os principais responsáveis pelo fenômeno conhecido como chuva ácida.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- I. Incorreta. Os materiais organoclorados não são bioacumulativos e, portanto, tem sua concentração alterada durante a cadeia alimentar.
- II. Correta. Os elementos radioativos apresentam a propriedade de alterar os tecidos vivos, ocasionando lesões e mutações celulares que são manifestadas sobretudo como câncer e problemas de má formação.
- III. Correta. A queima de combustíveis fósseis libera grandes quantidade de óxidos de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e alguns hidrocarbonetos que são poluidores do meio ambiente e provocam doenças cardíacas e respiratórias nos seres humanos.
- IV. Incorreta. As bactérias anaeróbicas não consomem oxigênio e, por isso, não influenciam no processo de eutrofização.
- V. Correta. Diferentemente dos lixões, os aterros sanitários são planejados de forma a minimizar os impactos no ar, no solo e no lençol freático.

Questão 03 – Soma = 29

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

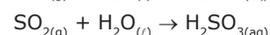
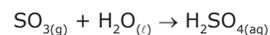
01. Correta. Os sabões utilizados para a limpeza dos domicílios são direcionados para a rede de esgoto ou são liberados diretamente nos rios e lagos. Os sabões formados por cadeia carbônica linear são facilmente degradados por microrganismos presentes em ambientes aquáticos e são considerados biodegradáveis.
02. Incorreta. Os agrotóxicos, inclusive os fungicidas, são transportados pelas chuvas e águas continentais, comprometendo a qualidade das águas dos rios e lagos, além de serem bioacumulativos, contaminando toda uma cadeia alimentar.
04. Correta. A turbidez é a redução da transparência da água devido à presença de matéria em suspensão. Isoladamente, a turbidez não é um parâmetro de poluição da água, pois a turbidez pode ser causada por substâncias não poluentes.
08. Correta. A decomposição aeróbica de matéria orgânica leva à formação de CO_2 , que reage com a água dos rios e lagos e produz o ácido carbônico H_2CO_3 . Quanto maior for a quantidade de matéria em decomposição, maior será a formação do ácido e, conseqüentemente, menor o pH desses ambientes.

16. Correta. A solubilidade dos gases depende de fatores como pressão, temperatura e profundidade. Quanto maior a temperatura, menor é a solubilidade do gás e, a uma dada temperatura, a solubilidade do gás diminui com o aumento da profundidade.

Questão 04 – V V V V V

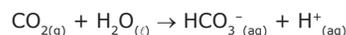
Comentário: Para resolução dessa questão, analisaremos cada um dos itens.

- I. Verdadeiro. Os combustíveis fósseis (combustíveis gerados pela fossilização de animais e plantas, provocada, por sua vez, pela ação de pressão e temperatura muito altas geradas há milhões de anos no processo de soterramento) apresentam, como impurezas, compostos sulfurados. A combustão desses combustíveis origina óxidos de enxofre, principalmente, dióxido de enxofre (SO_2). O dióxido de enxofre pode ser oxidado na atmosfera, originando trióxido de enxofre (SO_3). Os óxidos de enxofre são anidridos, que, hidratados, originam oxiácidos.



O último processo é um dos responsáveis pela origem da chuva ácida.

- II. Verdadeiro. O gás nitrogênio é considerado inerte, em condições ambiente, devido à energia da ligação $\text{N}\equiv\text{N}$ ser muito elevada, o que lhe garante alta estabilidade. Esse gás, em condições de alta temperatura e descarga elétrica intensa, origina óxidos de nitrogênio.
- III. Verdadeiro. O ar atmosférico contém em sua composição gás carbônico, $\text{CO}_{2(g)}$, formado em diversos processos naturais. Seu equilíbrio com os íons HCO_3^- (aq), provenientes da hidrólise desse gás na água da chuva, faz com que haja liberação de íons H^+ no meio, aumentando a acidez das chuvas, que apresentam pH superior a 5,6 em atmosferas não poluídas.



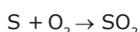
Com esse valor de pH, a chuva não causa sérios danos ao meio ambiente e à saúde humana, mesmo apresentando caráter ácido. Isso ocorre porque a pequena acidez não é capaz de alterar significativamente o pH de rios, lagos e solos e nem de degradar monumentos.

- IV. Verdadeiro. Em maiores concentrações no ar, o dióxido de enxofre pode causar irritação e inflamação das vias respiratórias, queimaduras no nariz e na garganta, dificuldade respiratória, tosse, dermatites, pneumonia química e edema pulmonar.
- V. Verdadeiro. Em casos de intoxicação crônica com mercúrio elementar, mercurialismo crônico, ocorrem alterações no sistema nervoso central, autônomo e periférico, com tremores nas extremidades, eretismos psíquicos e distúrbios vasomotores.

Questão 05 – Letra C

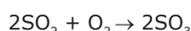
Comentário: Os derivados de petróleo e o carvão mineral apresentam enxofre em sua composição e, assim, o teor de enxofre varia de acordo com a região de onde é extraído o recurso energético. Portanto, $X = S$ (enxofre).

O enxofre presente nesses combustíveis, ao sofrer combustão, gera o dióxido de enxofre. Esse processo pode ser representado simplificadaamente pela seguinte equação:



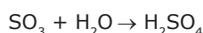
Portanto, $Y = \text{SO}_2$.

O dióxido de enxofre pode sofrer uma nova oxidação pelo oxigênio atmosférico e se converter em trióxido de enxofre. Esse processo é representado pela seguinte equação:



Portanto, $Z = \text{SO}_3$.

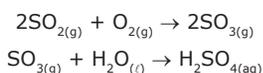
O SO_3 reage com a água e forma o ácido sulfúrico, um dos ácidos que causam a chuva ácida. Esse processo é representado pela seguinte equação:



Portanto, $A = \text{H}_2\text{SO}_4$.

Questão 06 – Letra A

Comentário: Os óxidos de enxofre reagem com a água durante a precipitação formando o ácido sulfúrico e, conseqüentemente, diminuindo o pH da chuva. Para que esse ácido seja formado, o dióxido de enxofre é oxidado à trióxido de enxofre pela ação do oxigênio atmosférico. Em seguida, o trióxido de enxofre formado reage com as gotículas de água da chuva, produzindo o ácido sulfúrico, de acordo com as equações:

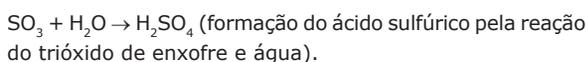
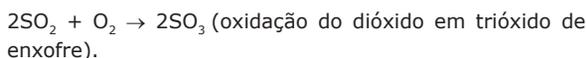


Questão 07 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das afirmativas.

I. Correta. A queima de combustíveis fósseis contribui para a elevação da concentração de óxidos de carbono, nitrogênio e enxofre, que são os gases responsáveis pela formação da chuva ácida.

II. Correta. Os óxidos de nitrogênio e enxofre reagem com a água durante a precipitação, formando os ácidos nítrico e sulfúrico. A formação do ácido sulfúrico ocorre de acordo com as seguintes equações:



III. Correta. A "chuva natural", formada em atmosfera limpa, é levemente ácida (pH próximo a 5,6) devido à solubilização do CO_2 presente na composição da atmosfera em água com a conseqüente formação do ácido carbônico, de acordo com a seguinte equação:

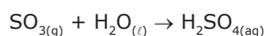
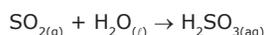
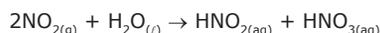


Questão 08

Comentário:

A) Em A, pela foto-oxidação, podemos considerar a oxidação do N_2 , que leva à formação de NO ou NO_2 . Já as usinas termelétricas queimam combustíveis que apresentam certo teor de enxofre, o que corrobora para produção de óxidos de enxofre (SO_2 ou SO_3).

Em B, podemos considerar a reação de óxidos ácidos, produzidos em A, com água das chuvas, o que leva a produção de ácidos, conforme representado pelas seguintes equações:



B) O rodízio municipal de veículos, que visa diminuir a emissão de poluentes emitidos pelos motores, e a determinação da inspeção veicular anual obrigatória, que colabora no controle de regulagem dos motores a combustão interna.

Questão 09 – Letra E

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

A) Incorreta. A decantação é um processo físico empregado no tratamento de água para separar líquidos de densidades diferentes. O processo físico de separação de líquidos de ponto de ebulição diferente é denominado destilação.

B) Incorreta. Quanto maior a quantidade de micro-organismos nas águas, maior é a demanda de oxigênio para que esses organismos decomponham a matéria orgânica. Dessa forma, a água da lagoa de estabilização livre de 70% de micro-organismos possui baixa demanda por oxigênio, devido a menor quantidade de micro-organismos nessas águas.

C) Incorreta. A eutrofização de lagoas de estabilização é conseqüência do aumento da concentração de nutrientes, como a amônia, nas águas, os quais podem ser oxidados dando origem a compostos como o íon nitrato.

D) Incorreta. A energia dos raios ultravioleta não é capaz de promover a oxidação de átomos de oxigênio.

E) Correta. O tratamento de efluentes pelo manejo adequado do sistema de esgotamento inclui processos físicos, como a decantação, e bioquímicos, para a desinfecção.

Questão 10 – Soma = 54

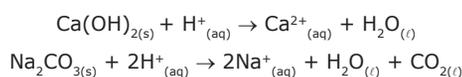
Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

01. Incorreta. O processo de coagulação é realizado no canal de entrada da ETA por meio da adição de coagulantes como sulfato de alumínio ou cloreto férrico e tem a finalidade de aglomerar as impurezas da água que se encontram em suspensão fina, como a argila.

02. Correta. Após a coagulação, segue-se a floculação, quando, em tanques de concreto, o processo de aglutinação das impurezas continua, na água em movimento. As partículas se transformam em flocos mais densos para serem separadas da água em seguida.

04. Correta. A decantação é um processo físico de separação, que consiste em manter a mistura em repouso de forma que o componente mais denso se deposita no fundo do recipiente por ação da gravidade. Esse processo é utilizado no tratamento de água após as etapas de coagulação e floculação para separar os flocos e as impurezas da água.

08. Incorreta. Na filtração, as impurezas menores ainda presentes na água ficam retidas no filtro. A etapa da filtração é um processo físico de separação de misturas.
16. Correta. A fluoretação consiste na adição de CaF_2 , Na_2SiF_6 ou NaF à água, uma vez que o fluoreto diminui a incidência de cáries dentárias.
32. Correta. A desinfecção consiste na aplicação de cloro na água em virtude da ação bactericida do ânion hipoclorito produzido na reação do Cl_2 com H_2O . O ozônio também tem sido utilizado por ser eficiente na eliminação de micro-organismos causadores de doenças.
64. Incorreta. A correção de pH preserva a rede de encanamentos de distribuição, evitando, por exemplo, sua corrosão ou a formação de compostos incrustantes. Se a água está ácida, é aplicada certa quantidade de cal hidratada ou de carbonato de sódio para neutralizá-la, conforme as reações:



Seção Enem

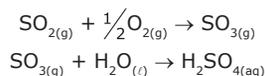
Questão 01 – Letra A

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 1

Habilidade: 4

Comentário: A precipitação ácida é formada, sobretudo, pela presença de óxidos de enxofre e nitrogênio na atmosfera, que reagem com a água das chuvas e formam substâncias com características ácidas. No caso do dióxido de enxofre, as reações químicas envolvidas na formação da chuva ácida são:



Questão 02 – Letra B

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

Habilidade: 25

Comentário: A reciclagem consiste no reaproveitamento de alguns materiais, geralmente pré-beneficiados, como matéria-prima para a fabricação de novos produtos.

Das alternativas apresentadas, a única que apresenta um exemplo de reciclagem é a utilização de latas de alumínio para a fabricação de lingotes. As outras alternativas descrevem a reutilização de materiais.

Questão 03 – Letra B

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 4

Habilidade: 14

Comentário: Para resolução dessa questão analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. A respiração aeróbia de bactérias, ou seja, a respiração na presença de oxigênio (O_2) desses organismos, leva a formação de gás carbônico (CO_2) e água.

- B) Correta. O gás metano (CH_4) é produzido através do processo de metabolismo de bactérias anaeróbias, que ocorre com a degradação da matéria orgânica presente no lixo.

- C) Incorreta. Os organismos fotossintetizantes aproveitam a energia luminosa proveniente do Sol para transformar gás carbônico e água em glicose e oxigênio.

- D) Incorreta. O gás carbônico pode ser reduzido a gás metano, sob condições anaeróbias, por meio do processo de metanogênese, realizado por bactérias.

Nesse processo ocorre a seguinte reação:



No entanto, no lixo não há uma fonte expressiva de CO_2 que torna esse processo um dos responsáveis pela produção de metano.

- E) Incorreta. Os átomos do elemento químico carbono no CO_2 encontram-se em seu estado mais oxidado (+4) e, portanto, esse óxido não pode ser convertido em outra substância por oxidação química.

Questão 04 – Letra C

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 3

Habilidade: 9

Comentário: O ciclo biogeoquímico consiste no fluxo de um determinada elemento químico entre o meio biótico (seres vivos) e o meio abiótico. A contabilização da quantidade de matéria que sai ou entra nesse ciclo é denominado balanço de material. Assim, o balanço de carbono no ecossistema considerando a utilização de etanol como combustível, por exemplo, é praticamente zero, já que o gás carbônico liberado no processo de combustão é absorvido durante o processo de fotossíntese da cana de açúcar (principal matéria-prima para fabricação do etanol). Esse fato é determinante para denominar o etanol como combustível limpo.

Outros ciclos biogeoquímicos estão envolvidos nesse processo, dentre eles o do nitrogênio. Esse elemento é um macronutriente essencial no crescimento de vegetais e é, geralmente, incorporado ao solo por meio de fertilizantes ou adubos.

Dessa forma, o balanço do nitrogênio no meio não é zero já que esse é adicionado ao solo por uma fonte externa em quantidades consideráveis, o que traz um problema ambiental local.

No solo, os compostos nitrogenados do fertilizante são transformados em nitrogênio ativo, que apresenta atividade química e biológica e modifica as propriedades do meio em que está inserido. O nitrogênio ativo pode se apresentar na forma de gases nitrogenados (NO , NO_2 e NH_3) que são produzidos pela ação de micro-organismos do solo, que transformam parte do adubo em gases, e em compostos solúveis em água (NO_3^- e NH_4^+) que podem ser arrastados pela água da chuva para rios ou outros cursos d'água, não limitando a poluição ao local que foi produzida.

Questão 05 – Letra B

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 3

Habilidade: 10

Comentário: O processo de incineração (queima) do lixo urbano é uma alternativa antiga utilizada para reduzir o volume de resíduos produzidos seja em áreas rurais ou em grandes centros urbanos. É também muito utilizado para eliminar lixos tóxicos e hospitalares, que contém micro-organismos causadores de doenças. A redução de volume chega a 70% nas grandes cidades e os resíduos da queima são encaminhados para aterros sanitários ou para a produção de materiais recicláveis.

No entanto, esse procedimento é muito desvantajoso visto que a queima de alguns materiais produz gases tóxicos ou materiais particulados que não podem ser liberados diretamente na atmosfera. Assim, nas usinas de incineração, são necessários filtros nas saídas dos incineradores com a função de reter os resíduos nocivos, diminuindo o impacto ambiental causado por essa prática.

Questão 06 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Conforme o esquema que representa o ciclo do enxofre na natureza, a atmosfera, a litosfera, a hidrosfera e a biosfera estão envolvidas nas etapas de transformação e transporte dos compostos de enxofre. A principal fonte de enxofre é a atividade vulcânica, na qual são expelidos dióxido de enxofre (SO₂) e o gás sulfídrico (H₂S) para a atmosfera. O enxofre é um elemento muito importante em vários processos que acontecem nos ecossistemas terrestres e, portanto, não é considerada poluição qualquer etapa do ciclo natural do enxofre. A atividade humana perturba o delicado equilíbrio existente nesse ciclo e ocasiona chuvas ácidas mais frequentes, que podem causar a mortandade de animais terrestres e aquáticos, além da destruição de florestas.

Questão 07 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

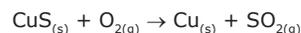
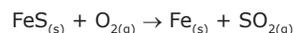
Habilidade: 17

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das ações antropogênicas citadas nas alternativas quanto às interferências provocadas no ciclo natural do enxofre.

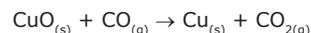
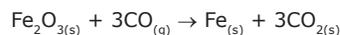
1. Queima de combustíveis em veículos leves e pesados:
A queima de combustíveis derivados do petróleo que contém compostos sulfurados em sua composição, por exemplo, a gasolina, utilizada em veículos leves, e o diesel, utilizado em veículos pesados, produzem dióxido de enxofre (SO₂), principal gerador da chuva ácida.

2. Queima de combustíveis em indústria: As indústrias, assim como os automóveis, podem obter uma parcela de sua energia realizando a queima de combustíveis fósseis. Esses combustíveis possuem impurezas de enxofre que, quando oxidadas, geram gases sulfurados que alteram diretamente o ciclo natural desse elemento.

3. Produção de metais a partir de sulfetos metálicos:
A produção de metais a partir de sulfetos metálicos em processos metalúrgicos é uma atividade que gera grande quantidade de dióxido de enxofre. Por exemplo, a obtenção do ferro e do cobre a partir dos seus respectivos sulfetos:



4. Produção de metais a partir de óxidos metálicos:
Geralmente, a produção de um metal a partir de seu óxido ocorre por meio da redução direta do óxido. Como a matéria-prima para produção do metal (o óxido correspondente) não possui enxofre em sua composição, não haverá produção de nenhuma substância que cause interferência direta no ciclo natural desse elemento. Por exemplo, a obtenção do ferro e do cobre a partir dos seus respectivos óxidos:



5. Vulcanização da borracha: Esse processo consiste em aquecer a borracha na presença de enxofre sob alta pressão a fim de incrementar propriedades elásticas e diminuir o comportamento plástico do material. O processo não interfere significativamente no ciclo do enxofre, uma vez que o elemento se liga às cadeias poliméricas da borracha, ficando retido na rede tridimensional do material.
6. Obtenção de matérias-primas a partir da água do mar: A água do mar é fonte de vários sais que podem ser obtidos por meio da evaporação da água. Esse processo não gera compostos de enxofre e não altera diretamente o ciclo natural desse elemento.

Questão 08 – Letra B

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 7

Habilidade: 26

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada vantagem associada aos processos para a disposição do lixo.

- I. Diminuição do contato humano direto com o lixo: Nos aterros sanitários, o lixo é depositado entre camadas impermeabilizantes de polietileno e pedra britada, construídas para minimizar os riscos à saúde pública.
- II. Produção de adubo para agricultura: Nenhum dos processos citados tem a finalidade de reutilizar os resíduos do lixo como adubo para a agricultura. O lixo é uma mistura de materiais e alguns deles são inapropriados para a produção de adubo, tais como plásticos, metais, papel, etc.

- III. Baixo custo operacional do processo: No despejo a céu aberto, a operação se torna barata em virtude da pouca preocupação com forma de armazenagem do lixo. O lixo é simplesmente jogado no terreno para que se decomponha na atmosfera. O terreno não é estudado previamente e não existe nenhum mecanismo para coleta do chorume e do gás metano.
- IV. Redução do volume de lixo: Na incineração, o lixo é queimado e o seu volume é diminuído.

Questão 09 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- A) Incorreta. O processo de formação do petróleo é lento e ocorre em milhões de anos. Sua formação ocorre desde os tempos primitivos e teve origem pela deposição de matéria orgânica no fundo dos oceanos.
- B) Incorreta. Em áreas continentais, que já foram fundo de oceanos primitivos rasos, o petróleo pode ocorrer em profundidades medianas. Como se trata de um líquido fluido, o petróleo pode ser encontrado distante de sua rocha geradora.
- C) Incorreta. A queima de combustíveis derivados do petróleo está entre as ações antropogênicas mais poluidoras do planeta.
- D) Incorreta. O petróleo é encontrado em áreas específicas, onde se estabeleceram todas as condições para sua formação, tais como temperatura, pressão e sedimentação de matéria orgânica.
- E) Correta. *Vide* comentário das alternativas A e B.

Questão 10 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos cada uma das alternativas.

- I. Correta. A ocorrência de chuva ácida pode aumentar consideravelmente a concentração de íons H^+ em águas de rios e lagos. O aumento da concentração hidrogeniônica leva a uma redução de pH, o que pode afetar a vida de algumas espécies que vivem nesses ambientes.
- II. Correta. A chuva ácida acelera a lixiviação de cátions fundamentais do solo como o cálcio, o magnésio, o sódio e o potássio, gerando deficiência de sais na solução do solo. Além disso, a água acidificada promove a liberação de alumínio adsorvido em minerais, aumentando a toxicidade desses solos.

- III. Incorreta. A chuva natural é levemente ácida ($pH \cong 5,6$) devido à presença de ácido carbônico (H_2CO_3), formado pela combinação do CO_2 atmosférico com a água. A chuva ácida ocorre quando o pH da água é menor que 5,6 devido à presença de ácidos fortes como o H_2SO_4 e o HNO_3 , resultado da combinação de gases poluentes de enxofre e de nitrogênio com a água. O pH da chuva ácida é menor que o pH da água destilada ($pH = 7$).

Questão 11 – Letra E

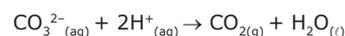
Eixo cognitivo: II

Competência de área: 7

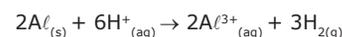
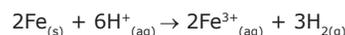
Habilidade: 25

Comentário: Para a resolução dessa questão, analisaremos a ação da chuva ácida em cada uma das obras citadas.

- I. O monumento do Itamarati em Brasília, feito de mármore, sofre degradação com a chuva ácida. O mármore que compõe o monumento é composto, principalmente, de carbonatos, que, ao reagirem com os íons H^+ da chuva ácida, produzem gás carbônico e água, promovendo o desgaste da obra.

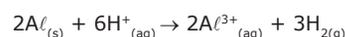
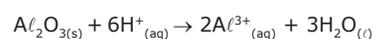
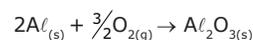


- II. Da mesma maneira que o mármore, a pedra sabão das esculturas de Aleijadinho, composta de carbonato de cálcio, também sofre ação da chuva ácida.
- III. As grades de ferro e de alumínio sofrem desgaste pela chuva ácida. Esses metais reagem com o ácido e produzem hidrogênio, conforme as seguintes equações:



A extensão do ataque ácido ao ferro e ao alumínio será pequena, se os mesmos forem revestidos por uma camada de tinta.

O alumínio é um metal que, em contato com o ar atmosférico, é oxidado e produz uma camada de óxido de alumínio (Al_2O_3) insolúvel, a qual promove uma impermeabilização ao oxigênio atmosférico, estancando o processo de oxidação. Quando ocorre a chuva ácida, esse óxido reage com os ácidos da chuva e expõe o alumínio metálico ao ataque direto dos íons H^+ :





Rua Diorita, 43 - Prado

Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3029-4949

www.bernoulli.com.br/sistema