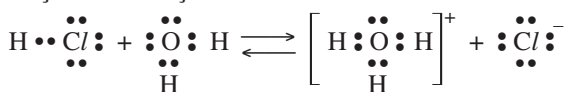


EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Módulo 19 – Conceitos de Ácidos e Bases
II: A Teoria de Lewis

1. (MODELO ENEM) – G.N. Lewis fundamentou-se no conceito de base de Brönsted, segundo o qual a base recebe o próton. Para isso, a base deve fornecer um par de elétrons para a ligação. Lewis definiu ácido e base eletronicamente ampliando o conceito. De acordo com Lewis, base é toda espécie que fornece par de elétrons para estabelecer ligação com o ácido. Considere a reação de ionização do ácido clorídrico:

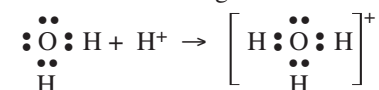


Baseando-se no texto, pode-se afirmar que

- a) a água é ácido de Lewis.
- b) o HCl é ácido de Lewis.
- c) a água é base de Lewis e o próton (H⁺) é o ácido de Lewis.
- d) a água é base de Lewis e o HCl é o ácido de Lewis.
- e) o íon H₃O⁺ é base de Lewis.

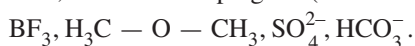
Resolução

No conceito eletrônico de ácido e base de Lewis, o ácido liga-se à base por meio de um par de elétrons fornecido pela base. A base de Lewis é a água e o ácido de Lewis é o próton (H⁺).



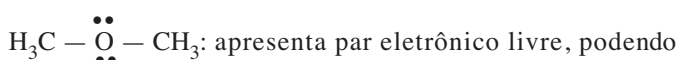
Resposta: C

2. Indicar o caráter (ácido, básico, ou ácido e básico) dos compostos e íons adiante relacionados, assinalando, em cada caso, o conceito empregado (Arrhenius, Brönsted ou Lewis):



Resolução

BF₃: espécie eletrófila, atuando nas reações como ácido de Lewis.



receber H⁺ ou outra espécie eletrófila, atuando como base de Brönsted e base de Lewis.

SO₄²⁻: da mesma forma, apresenta par eletrônico livre, podendo atuar como base de Brönsted e base de Lewis.

HCO₃⁻: pode atuar como ácido de Arrhenius, porque, reagindo com base, fornece sal + água. Pode atuar como ácido de Brönsted, doando próton. Pode também atuar como base de Brönsted ou base de Lewis por ser um ânion. Não é ácido de Lewis, porque o HCO₃⁻ não se liga a par eletrônico livre.

3. (MODELO ENEM) – Considere as definições de ácidos e bases e as informações a seguir.

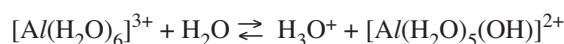
Ácido de Arrhenius – Espécie química que contém hidrogênio e que, em solução aquosa, produz o cátion hidrogênio (H⁺).

Ácido de Brönsted – Espécie química capaz de ceder prótons.

Base de Lewis – Espécie química capaz de ceder pares de elétrons para formar ligações químicas.

Ácido de Lewis – Espécie química capaz de receber pares de elétrons para formar ligações químicas.

O cátion alumínio hidratado reage com água da seguinte maneira:

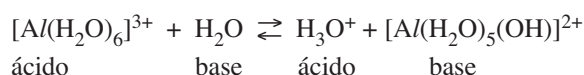


Com relação ao assunto, pode-se afirmar:

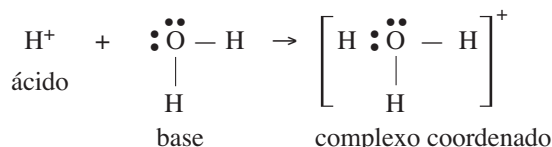
- a) A espécie [Al(H₂O)₆]³⁺ comporta-se como base de Brönsted em relação às moléculas do solvente.
- b) Na reação apresentada, o íon hidrônio H₃O⁺ é ácido de Lewis.
- c) O ácido conjugado da base H₂O é o íon H₃O⁺.
- d) A espécie [Al(H₂O)₆]³⁺ é ácido de Lewis.
- e) Na reação apresentada, a água é base de Arrhenius.

Resolução

De acordo com Brönsted, temos:



O íon H₃O⁺ é um complexo coordenado na Teoria de Lewis:



Par conjugado é um ácido e uma base que diferem por um único próton (H⁺).

Exemplo



Na Teoria de Arrhenius, a água é neutra.

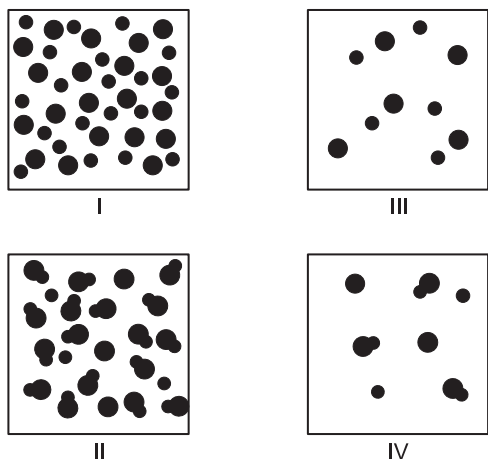
Resposta: C

Módulo 20 – Força de Ácidos e Bases

4. (UNOPAR-PR – MODELO ENEM) – Para estabelecer a diferença entre soluções concentrada e diluída, de ácidos fortes e fracos, um professor utilizou as seguintes ilustrações:

Legenda: Moléculas de H₂O não estão representadas

- HA, ácido não ionizado
- ion H⁺
- ânion do ácido A⁻



Ilustram, respectivamente, uma solução concentrada e uma solução diluída de um ácido forte:

- a) I e II. b) II e III. c) I e IV.
d) III e IV. e) I e III.

Resolução

Ácido forte: doa H⁺ com maior facilidade, portanto temos maior número de moléculas ionizadas.

Solução $\left\{ \begin{array}{l} \text{concentrada: maior quantidade de soluto} \\ \text{diluída: menor quantidade de soluto.} \end{array} \right.$

Logo, a solução concentrada de um ácido forte está representada em I e a solução diluída de ácido forte em III.

Resposta: E

5. (FUVEST-SP) – É dada a seguinte tabela de constantes de equilíbrio:

Equilíbrio	Constantes de equilíbrio
$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{O}^-$	3×10^{-16}
$\text{HCN} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CN}^-$	6×10^{-10}
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$	2×10^{-5}
$\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCOO}^-$	2×10^{-4}

Considere agora os equilíbrios a seguir em três soluções aquosas (I, II e III):

	Reagentes	Produtos
I)	$\text{HCOOH} + \text{CN}^- \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{HCOO}^-$	
II)	$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{O}^-$	
III)	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{CN}^- \rightleftharpoons \text{HCN} + \text{CH}_3\text{O}^-$	

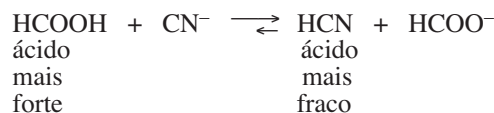
Quando se misturam os reagentes em igual concentração é favorecida a formação dos produtos apenas em:

- a) I. b) II. c) I e II. d) I e III. e) II e III.

Resolução

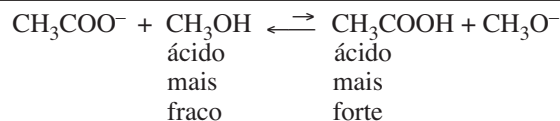
O equilíbrio é deslocado para a formação de um ácido mais fraco (menor K_i).

Na equação (I), temos:



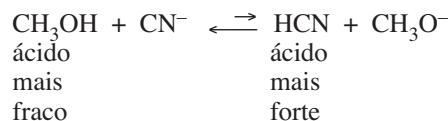
Portanto, o equilíbrio é deslocado para a formação dos produtos.

Na equação (II), temos



O equilíbrio está deslocado para a formação dos reagentes.

Na equação (III), temos:



O equilíbrio é deslocado para a formação dos reagentes.

Observação

Pode-se calcular a constante de equilíbrio (K_c) das três reações em solução aquosa.

Será deslocada para a formação dos produtos a reação que der valor maior que 1 para a constante.

Resposta: A

Módulo 21 – Propriedades Coligativas: Pressão Máxima de Vapor

6. (ITA-SP – MODELO ENEM) – Uma lâmpada incandescente comum consiste de um bulbo de vidro preenchido com um gás e de um filamento metálico que se aquece e emite luz quando percorrido por corrente elétrica.

Assinale a opção com a afirmação **errada** a respeito de características que o filamento metálico deve apresentar para o funcionamento adequado da lâmpada.

- a) O filamento deve ser feito com um metal de elevado ponto de fusão.
b) O filamento deve ser feito com um metal de elevada pressão de vapor.
c) O filamento deve apresentar resistência à passagem de corrente elétrica.

- d) O filamento deve ser feito com um metal que não reaja com o gás contido no bulbo.
 e) O filamento deve ser feito com um metal dúctil para permitir a produção de fios finos.

Resolução

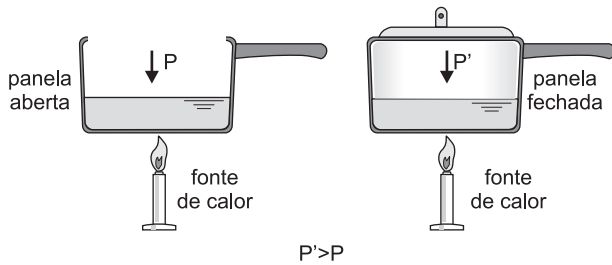
O filamento metálico deve apresentar elevado ponto de fusão (com aquecimento, não pode sofrer fusão), baixa pressão de vapor (não deve ser volátil), resistência à passagem de corrente elétrica (emissão de luz), deve ser feito com um metal que não reaja com o gás e que seja dúctil para permitir a produção de fios finos.

Resposta: B

7. (UNESP – MODELO ENEM) – Comparando duas panelas, simultaneamente sobre dois queimadores iguais de um mesmo fogão, observa-se que a pressão dos gases sobre a água fervente na panela de pressão fechada é maior que aquela sobre a água fervente numa panela aberta. Nessa situação, e se elas contêm exatamente as mesmas quantidades de todos os ingredientes, podemos afirmar que, comparando com o que ocorre na panela aberta, o tempo de cozimento na panela de pressão fechada será

- a) menor, pois a temperatura de ebulição será menor.
 b) menor, pois a temperatura de ebulição será maior.
 c) menor, pois a temperatura de ebulição não varia com a pressão.
 d) igual, pois a temperatura de ebulição independe da pressão.
 e) maior, pois a pressão será maior.

Resolução



Como a pressão interna na panela de pressão é maior, a **temperatura de ebulição da água será maior**, portanto, o tempo de cozimento na panela de pressão fechada será **menor**. Quanto maior a temperatura, maior a velocidade de cozimento.

Resposta: B

8. (ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) – A panela de pressão permite que os alimentos sejam cozidos em água muito mais rapidamente do que em panelas convencionais. Sua tampa possui uma borracha de vedação que não deixa o vapor escapar, a não ser através de um orifício central sobre o qual assenta um peso que controla a pressão. Quando em uso, desenvolve-se uma pressão elevada no seu interior. Para a sua operação segura, é necessário observar a limpeza do orifício central e a existência de uma válvula de segurança, normalmente situada na tampa.

O esquema da panela de pressão e um diagrama de fase da água são apresentados a seguir.

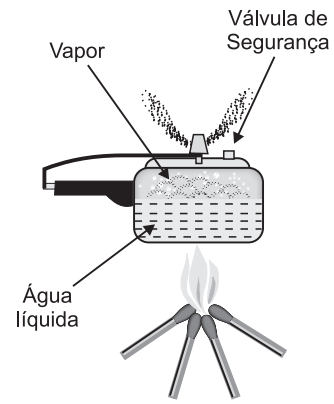
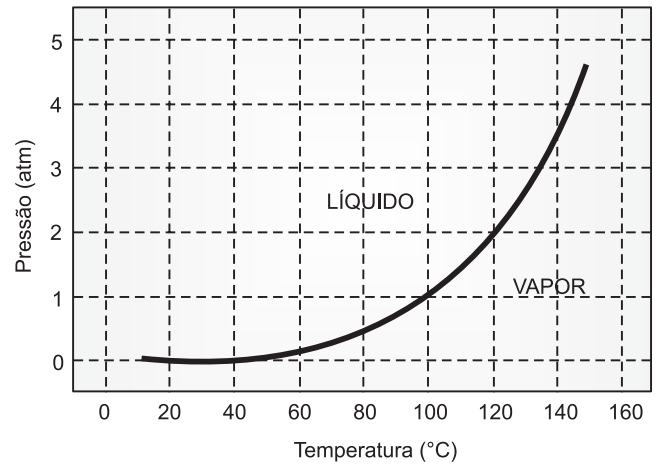


DIAGRAMA DE FASE DA ÁGUA



A vantagem do uso de panela de pressão é a rapidez para o cozimento de alimentos e isto se deve

- a) à pressão no seu interior, que é igual à pressão externa.
 b) à temperatura de seu interior, que está acima da temperatura de ebulição da água no local.
 c) à quantidade de calor adicional que é transferida à panela.
 d) à quantidade de vapor que está sendo liberada pela válvula.
 e) à espessura da sua parede, que é maior que a das panelas comuns.

Resolução

De acordo com o gráfico dado, quanto maior a pressão a que está submetido o líquido, maior será a sua temperatura de ebulição. Na panela de pressão, a pressão em seu interior é maior do que a externa, isso faz com que o líquido ferva a uma temperatura maior do que quando exposto à atmosfera.

O aumento da temperatura de ebulição ocasiona o cozimento mais rápido dos alimentos.

Resposta: B

9. (ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) – Se, por economia, abaixarmos o fogo sob uma panela de pressão logo que se inicia a saída de vapor pela válvula, de forma simplesmente a manter a fervura, o tempo de cozimento

- a) será maior porque a panela "esfria".
 b) será menor, pois diminui a perda de água.
 c) será maior, pois a pressão diminui.
 d) será maior, pois a evaporação diminui.
 e) não será alterado, pois a temperatura não varia.

Resolução

A válvula mantém no interior da panela uma pressão constante. Enquanto a pressão se mantiver constante, a temperatura de ebulição da água não se alterará, portanto o tempo de cozimento dos alimentos também não se alterará.

Resposta: E

10. (ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) – A China comprometeu-se a indenizar a Rússia pelo derramamento de benzeno de uma indústria petroquímica chinesa no rio Songhua, um afluente do rio Amur, que faz parte da fronteira entre os dois países. O presidente da Agência Federal de Recursos da Água da Rússia garantiu que o benzeno não chegará aos dutos de água potável, mas pediu à população que fervesse a água corrente e evitasse a pesca no rio Amur e seus afluentes. As autoridades locais estão armazenando centenas de toneladas de carvão, já que o mineral é considerado eficaz absorvente de benzeno.

Internet: <jbonline.terra.com.br> (com adaptações)

Levando-se em conta as medidas adotadas para a minimização dos danos ao ambiente e à população, é correto afirmar que

- a) o carvão mineral, ao ser colocado na água, reage com o benzeno, eliminando-o.
- b) o benzeno é mais volátil que a água e, por isso, é necessário que esta seja fervida.
- c) a orientação para se evitar a pesca deve-se à necessidade de preservação dos peixes.
- d) o benzeno não contaminaria os dutos de água potável, porque seria decantado naturalmente no fundo do rio.
- e) a poluição causada pelo derramamento de benzeno da indústria chinesa ficaria restrita ao rio Songhua.

Resolução

O benzeno é mais volátil que a água. No aquecimento, o benzeno vaporiza-se antes da água. O benzeno é insolúvel em água e, na decantação, ele sobrenada. O carvão mineral apenas adsorve o benzeno, não havendo reação química.

Resposta: B

Módulo 22 – Número de Partículas Dispersas. Tonometria

11. (MODELO ENEM) – Propriedades coligativas são propriedades físicas das soluções que dependem da concentração de partículas dispersas no solvente e não do tipo ou natureza dessas partículas. O etilenoglicol é adicionado à água nos radiadores de carros como um anticongelante, isto é, para abaixar o ponto de congelamento da água na solução. Ele também aumenta o ponto de ebulição da água na solução, tornando possível operar o motor a temperatura mais alta. Considere as soluções:

A = 0,3 mol/L de $C_6H_{12}O_6$ (glicose, não se ioniza)

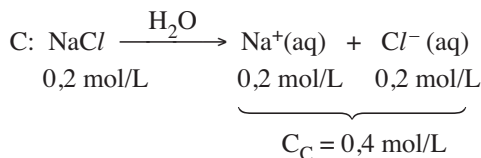
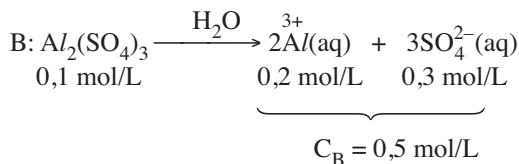
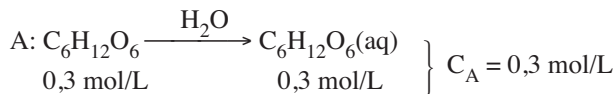
B = 0,1 mol de $Al_2(SO_4)_3$ (dissocia-se totalmente)

C = 0,2 mol de NaCl (dissocia-se totalmente)

Em ordem crescente de concentração de partículas dispersas, temos:

- a) $C_A > C_C > C_B$
- b) $C_A > C_B > C_C$
- c) $C_C > C_B > C_A$
- d) $C_B > C_C > C_A$
- e) $C_B > C_A > C_C$

Resolução



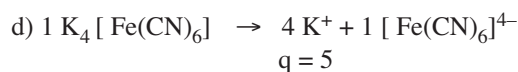
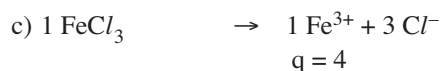
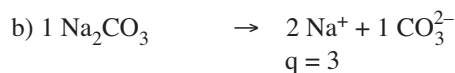
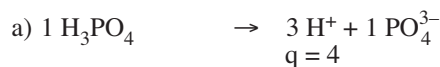
Logo: $C_B > C_C > C_A$

Resposta: D

12. Determine o valor de "q" para as espécies:

- a) H_3PO_4 (ácido fosfórico)
- b) Na_2CO_3 (carbonato de sódio)
- c) $FeCl_3$ (cloreto férrico)
- d) $K_4 [Fe(CN)_6]$ (ferrocianeto de potássio)

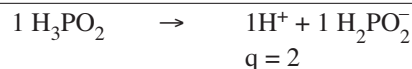
Resolução



13. Qual o fator de van't Hoff para um ácido hipofosforoso 50% ionizado em solução aquosa?

Nota: O ácido hipofosforoso apresenta somente um hidrogênio ionizável.

Resolução



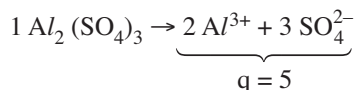
$$i = \alpha (q - 1) + 1$$

$$i = 0,5 (2 - 1) + 1$$

$$i = 1,5$$

14. Qual é o número de partículas dispersas (N_{pd}) em uma solução que contém 1 mol de sulfato de alumínio, cujo grau de dissociação é 90%?

Resolução



$$i = \alpha (q - 1) + 1 = 0,9 (5 - 1) + 1 = 4,6$$

$$N_{pd} = n \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot i = 1 \times 6 \times 10^{23} \times 4,6 = 2,76 \times 10^{24}$$

15. (UNESP – MODELO ENEM) – O abaixamento relativo da pressão de vapor de um solvente, resultante da adição de um soluto não volátil, depende do número de partículas dissolvidas na solução resultante. Em quatro recipientes, denominados A, B, C e D, foram preparadas, respectivamente, soluções de glicose, sacarose, ureia e cloreto de sódio, de forma que seus volumes finais fossem idênticos, apresentando composições conforme especificado na tabela:

Recipiente	Substância	Massa molar (g/mol)	Massa dissolvida (g)
A	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	180,2	18,02
B	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	342,3	34,23
C	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	60,1	6,01
D	NaCl	58,4	5,84

Com base nas informações fornecidas, é correto afirmar que

- todas as soluções apresentam a mesma pressão de vapor.
- a solução de sacarose é a que apresenta a menor pressão de vapor.
- a solução de cloreto de sódio é a que apresenta a menor pressão de vapor.
- a solução de glicose é a que apresenta a menor pressão de vapor.
- as pressões de vapor das soluções variam na seguinte ordem: ureia = cloreto de sódio > glicose.

Resolução

Como todas as soluções apresentam o mesmo volume, a solução com a maior quantidade em mol de partículas dispersas terá a maior concentração de partículas dispersas.

Cálculo da quantidade em mol de soluto dissolvido na solução A:

$$1 \text{ mol de } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ ————— } 180,2\text{g}$$

$$x \text{ ————— } 18,02\text{g}$$

$$x = 0,1 \text{ mol de } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

Cálculo da quantidade em mol de soluto dissolvido na solução B:

$$1 \text{ mol de } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \text{ ————— } 342,3\text{g}$$

$$y \text{ ————— } 34,23\text{g}$$

$$y = 0,1 \text{ mol de } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$$

Cálculo da quantidade em mol de soluto dissolvido na solução C:

$$1 \text{ mol de } \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ ————— } 60,1\text{g}$$

$$z \text{ ————— } 6,01\text{g}$$

$$z = 0,1 \text{ mol de } \text{CO}(\text{NH}_2)_2$$

Cálculo da quantidade em mol de soluto dissolvido na solução D:

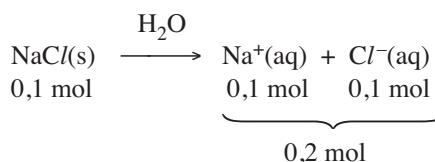
$$1 \text{ mol de } \text{NaCl} \text{ ————— } 58,4\text{g}$$

$$w \text{ ————— } 5,84\text{g}$$

$$w = 0,1 \text{ mol de } \text{NaCl}$$

Os solutos das soluções A, B e C são compostos moleculares e não se ionizam; portanto, o número de partículas dispersas é igual ao número de partículas dissolvidas.

Na solução D, o soluto é iônico e sofre dissociação, conforme a equação abaixo:



A solução com a maior concentração de partículas dispersas, solução D, terá a menor pressão de vapor.

Resposta: C

16. Calcular o abaixamento relativo da PMV da água, quando se dissolvem 6g de ureia (massa molar = 60g/mol) em 500g de H_2O (massa molar = 18g/mol).

Resolução

Ureia forma solução molecular.

$$\frac{\Delta p}{p} = K_t \cdot M_m \left\{ \begin{array}{l} K_t = \frac{\text{massa molar}_{\text{solvente}}}{1000} = \frac{18\text{g/mol}}{1000\text{g/kg}} = 0,018 \text{ kg/mol} \\ M_m = \frac{n_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}} (\text{kg})} = \frac{6\text{g}}{0,5\text{kg}} = 0,2\text{mol/kg} \end{array} \right.$$

$$\frac{\Delta p}{p} = 0,018 \text{ kg/mol} \times 0,2 \text{ mol/kg}$$

$$\frac{\Delta p}{p} = 0,0036$$

17. Qual a pressão de vapor do solvente em uma solução 0,2 (mol/kg de solvente) de soluto molecular?

Dados: – massa molar do solvente = 90g/mol;
– a pressão de vapor do solvente puro é 25mmHg na temperatura da experiência realizada.

Resolução

$$\frac{\Delta p}{p} = K_t \cdot M_m \left\{ \begin{array}{l} \frac{\Delta p}{p} = \frac{p - p'}{p} = \frac{25 - p'}{25} \\ K_t = \frac{\text{massa molar}_{\text{solvente}}}{1000} = \frac{90\text{g/mol}}{1000\text{g/kg}} = \\ = 0,090\text{ kg/mol} \\ M_m = 0,2\text{ mol/kg} \end{array} \right.$$

$$\frac{25 - p'}{25} = 0,090 \times 0,2$$

$$p' = 24,55\text{ mmHg}$$

18. (ITA-SP) – A 20°C, a pressão de vapor da água em equilíbrio com uma solução aquosa de açúcar é igual a 16,34 mmHg. Sabendo que a 20°C a pressão de vapor da água pura é igual a 17,54 mmHg, assinale a opção com a concentração correta da solução aquosa de açúcar.

- a) 7% (m/m)
- b) 93% (m/m)
- c) 0,93 mol L⁻¹
- d) A fração molar do açúcar é igual a 0,07
- e) A fração molar do açúcar é igual a 0,93

Resolução

Lei de Raoult: A pressão de vapor de um solvente na solução é a sua fração molar multiplicada pela pressão de vapor do solvente puro.

$$P_{\text{H}_2\text{O na solução}} = X_{\text{água}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O pura}}$$

$$16,34 = X_{\text{água}} \cdot 17,54$$

$$\frac{16,34}{17,54} = X_{\text{água}}$$

$$X_{\text{água}} = 0,93$$

$$X_{\text{água}} + X_{\text{açúcar}} = 1$$

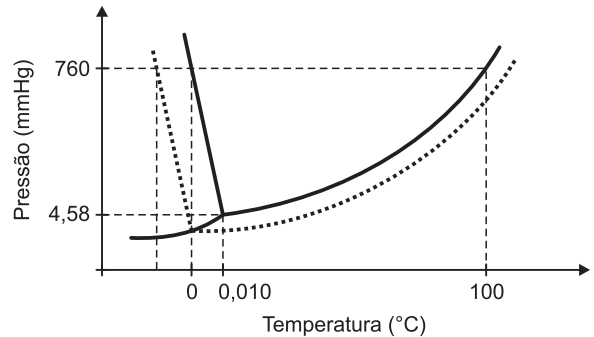
$$0,93 + X_{\text{açúcar}} = 1$$

$$X_{\text{açúcar}} = 0,07$$

Resposta: D

Módulo 23 – Criometria e Ebulliometria

19. (UFRGS-RS) – O gráfico abaixo representa os diagramas de fases da água pura e de uma solução aquosa de soluto não volátil.



Considere as seguintes afirmações a respeito do gráfico.

- I. As curvas tracejadas referem-se ao comportamento observado para a solução aquosa.
- II. Para uma dada temperatura, a pressão de vapor do líquido puro é maior que a da solução aquosa.
- III. A temperatura de congelamento da solução é menor que a do líquido puro.
- IV. A 0,010°C e 4,58 mmHg, o gelo, a água líquida e o vapor de água podem coexistir.
- V. A temperatura de congelamento da solução aquosa é de 0°C.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I e II.
- b) Apenas I, IV e V.
- c) Apenas II, III e V.
- d) Apenas I, II, III e IV.
- e) Apenas II, III, IV e V.

Resolução

V é falsa porque a adição de soluto não volátil provoca abaixamento da temperatura de congelamento, logo, pelo gráfico, a solução não pode apresentar temperatura de congelamento de 0°C, mas apenas valores inferiores a esse.

Resposta: D

20. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Ao dissolver-se 1,0g de um polímero, de fórmula geral (C₂H₄)_n, em 5,0g de benzeno, o ponto de congelamento do benzeno baixou 0,36°C.

C = 12u; H = 1u; constante criométrica, K_(benzeno) = 5,04°C . mol⁻¹ . kg

O valor de **n** na fórmula do polímero será:

- a) 500
- b) 250
- c) 200
- d) 100
- e) 50

Resolução

$$\Delta t_c = 0,36^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_c = K_c M_m$$

$$M_m = \frac{n_{\text{soluto}}}{m_{\text{solvente}}(\text{kg})}$$

$$0,36 = 5,04 \frac{1/M}{0,005}$$

$$M = 2800\text{ g/mol}$$

$$\text{Massa molar de } (\text{C}_2\text{H}_4)_n = M$$

$$28n = 2800 \therefore n = 100$$

Resposta: D

21. (UNESP) – Estudos comprovam que o Mar Morto vem perdendo água há milhares de anos e que esse processo pode ser acelerado com o aquecimento global, podendo, inclusive, secar em algumas décadas. Com relação a esse processo de perda de água, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. a concentração de NaCl irá diminuir na mesma proporção da perda de água;
- II. a condutividade da água aumentará gradativamente ao longo do processo;
- III. a densidade da água, que hoje é bastante alta, irá diminuir com o tempo;
- IV. o ponto de ebulição da água irá aumentar gradativamente.

Está correto o contido apenas em

- a) I. b) III. c) I e III. d) II e III. e) II e IV.

Resolução

I. Errada

A concentração de NaCl irá aumentar, pois o volume da solução diminui devido à perda de água.

II. Correta

A condutividade da água do Mar Morto aumentará, pois a concentração do sal dissolvido está aumentando.

III. Errada

A densidade da água do Mar Morto aumentará, pois o volume da solução diminui pela perda de água.

IV. Correta

O ponto de ebulição da água do Mar Morto aumentará, pois a concentração do sal dissolvido está aumentando.

Resposta: E

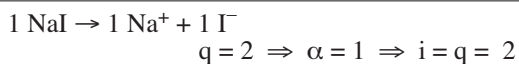
22. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Sejam duas soluções aquosas, a primeira contendo 3,75 g/L de iodeto de sódio (NaI) e a segunda 17,1 g/L de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$). Essas soluções, à mesma pressão, terão pontos de ebulição, aproximadamente:

- a) iguais entre si, mas superiores ao da água pura à mesma pressão.
 - b) iguais entre si, mas inferiores ao da água pura à mesma pressão.
 - c) iguais ao da água pura à mesma pressão.
 - d) diferentes entre si, sendo o da solução de iodeto de sódio superior ao da solução de sacarose.
 - e) diferentes entre si, sendo o da solução de iodeto de sódio inferior ao da solução de sacarose.
- Dado: massas molares em g/mol: NaI: 150; $C_{12}H_{22}O_{11}$: 342

Resolução

NaI \Rightarrow 3,75 g/L (massa molar do NaI = 150 g/mol)

$$M = \frac{3,75 \text{ g/L}}{150 \text{ g/mol}} = 0,025 \text{ mol/L}$$



$$M \cdot i = 0,025 \text{ mol/L} \times 2 = 0,050 \text{ mol/L}$$

$C_{12}H_{22}O_{11} \Rightarrow$ 17,1 g/L (massa molar do $C_{12}H_{22}O_{11}$ = 342 g/mol)

$$M = \frac{17,1 \text{ g/L}}{342 \text{ g/mol}} = 0,050 \text{ mol/L}$$

$$M = 0,050 \text{ mol/L}$$

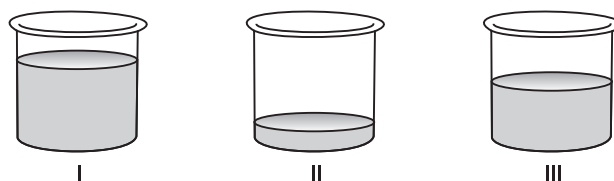
Como as concentrações em partículas dispersas para as duas soluções correspondem ao mesmo valor, os PE serão iguais e superiores ao da água pura.

Resposta: A

23. (UNIFESP) – Dois experimentos foram realizados em um laboratório de química.

Experimento 1

Três frascos abertos contendo, separadamente, volumes iguais de três solventes, I, II e III, foram deixados em uma capela (câmara de exaustão). Após algum tempo, verificou-se que os volumes dos solventes nos três frascos estavam diferentes.



Experimento 2

Com os três solventes, foram preparadas três misturas binárias. Verificou-se que os três solventes eram miscíveis e que não reagiam quimicamente entre si. Sabe-se, ainda, que somente a mistura (I + III) é uma mistura azeotrópica.

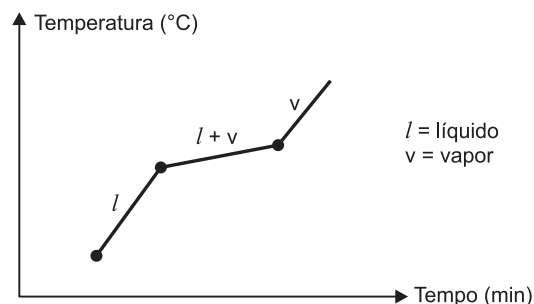
- a) Coloque os solventes em ordem crescente de pressão de vapor. Indique um processo físico adequado para separação dos solventes na mistura (I + II).
- b) Esboce uma curva de aquecimento (temperatura x tempo) para a mistura (II + III), indicando a transição de fases. Qual é a diferença entre as misturas (II + III) e (I + III) durante a ebulição?

Resolução

- a) O solvente mais volátil apresenta maior pressão de vapor, assim a ordem crescente de volatilidade dos solventes é: $I < III < II$.

Um método para separar os solventes da mistura (I + II) seria a destilação fracionada.

- b) Curva de aquecimento para a mistura (II + III):



Durante a ebulição, a temperatura da mistura (I + III) fica constante (azeótropo); no caso da mistura (II + III), a temperatura não fica constante.

Módulo 24 – Osmometria

24. (U. SÃO FRANCISCO-SP – MODELO ENEM) – Sabe-se que, por osmose, o solvente de uma solução mais diluída atravessa uma membrana semipermeável em direção da solução mais concentrada. Sabe-se, também, que um peixe de água doce é hipertônico em relação à água do rio e hipotônico em relação à água do mar. Se um peixe de água doce for colocado na água do mar, ele

- morre porque entra água do mar no seu corpo.
- morre porque sai água do seu corpo.
- morre porque entra sal no seu corpo.
- morre porque sai sal do seu corpo.
- sobrevive normalmente.

Resolução

O peixe de água doce é hipotônico em relação à água do mar, ou seja, esta tem maior pressão osmótica. O peixe morre porque sai água do seu corpo.

Resposta: B

25. (UNICAMP-SP) – No mundo do agronegócio, a criação de camarões, no interior do Nordeste brasileiro, usando águas residuais do processo de dessalinização de águas salobras, tem-se mostrado uma alternativa de grande alcance social. A des-salinização consiste num método chamado de osmose inversa, em que a água a ser purificada é pressionada sobre uma membrana semipermeável, a uma pressão superior à pressão osmótica da solução, forçando a passagem de água pura para o outro lado da membrana. Enquanto a água dessalinizada é destinada ao consumo de populações humanas, a água residual (25% do volume inicial), em que os sais estão concentrados, é usada para a criação de camarões.

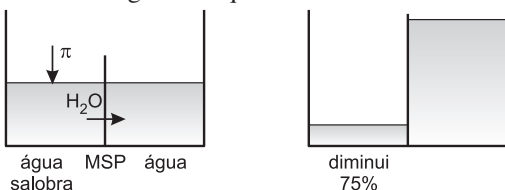
- Supondo que uma água salobra que contém inicialmente 10 000 mg de sais por litros sofre a dessalinização conforme descreve o texto, calcule a concentração de sais na água residual formada, em mg L^{-1} .
- Calcule a pressão mínima que deve ser aplicada, num sistema de osmose inversa, para que o processo referente ao item **a** acima tenha início. A pressão osmótica π de uma solução pode ser calculada por uma equação semelhante à dos gases ideais, em que n é o número de mols de partículas por litro de solução. Para fins de cálculo, suponha que todo o sal dissolvido na água salobra seja cloreto de sódio e que a temperatura da água seja de 27°C .

Dado: constante dos gases, $R = 8.314 \text{ Pa L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

- Supondo que toda a quantidade (em mol) de cloreto de sódio do item **b** tenha sido substituída por uma quantidade igual (em mol) de sulfato de sódio, pergunta-se: a pressão a ser aplicada na osmose à nova solução seria maior, menor ou igual à do caso anterior? Justifique sua resposta.

Resolução

- Temos o seguinte esquema:



$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad 10\,000 \text{ mg/L} \cdot V = C_2 \cdot 0,25 V$$

$$C_2 = 40\,000 \text{ mg/L}$$

- A pressão osmótica pode ser calculada por:

$$\pi V = n \cdot R \cdot T \quad \pi = \frac{n \cdot R \cdot T}{V}$$



$$1 \text{ mol} \quad \quad \quad 2 \text{ mol}$$

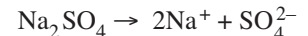
$$\pi = \frac{10\,000 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot 2}{58,5 \text{ g/mol} \cdot 1 \text{ L}} \cdot 8\,314 \text{ Pa L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 300 \text{ K}$$

$$\pi = 8,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

- A pressão a ser aplicada será maior na solução de sulfato de sódio, pois apresenta maior quantidade de partículas dispersas:



$$1 \text{ mol} \quad \quad \quad 2 \text{ mol}$$



$$1 \text{ mol} \quad \quad \quad 3 \text{ mol}$$

26. (UFSCar-SP) – Um tipo de sapo do Sudeste da Ásia, Rana cancrivora, nasce e cresce em locais de água doce, tais como rios e lagos. Depois de atingir seu desenvolvimento pleno neste ambiente, o sapo adulto possui duas características marcantes. A primeira delas é ser dotado de uma pele com alta permeabilidade, que lhe permite trocar eficientemente O_2 e CO_2 gasosos, água e íons, entre seus tecidos e o meio aquático externo. A segunda característica é que na procura por alimentos ele se move para manguezais, onde o teor salino é muito mais elevado que o do seu meio aquático original. Para evitar os danos que poderiam resultar da mudança de ambientes, o sapo dispõe de recursos metabólicos, que podem envolver a diminuição da excreção de NaCl ou de ureia ($\text{H}_2\text{N} - \text{CO} - \text{NH}_2$) contidos em seu corpo, sendo que neste caso a ureia não sofre hidrólise.

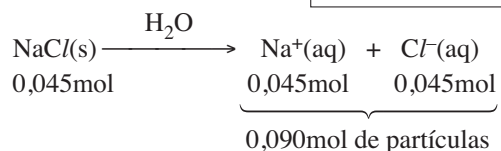
- Supondo que o controle dos efeitos da mudança de ambiente fosse feito exclusivamente pela retenção de NaCl pelo organismo deste sapo, seria necessária a retenção de 2,63 g de NaCl por 100 mililitros de líquido corporal. Se o controle fosse feito exclusivamente pela retenção de ureia pelo organismo deste sapo, calcule a quantidade, em gramas, de ureia por 100 mililitros de líquido corporal para obter o mesmo efeito de proteção que no caso do NaCl .
- Considerando outra espécie de sapo, cuja pele fosse permeável apenas ao solvente água, escreva o que ocorreria a este sapo ao se mover da água doce para a água salgada. Justifique sua resposta.

Dados: massas molares: $\text{NaCl} = 58,4 \text{ g mol}^{-1}$; ureia = $60,0 \text{ g mol}^{-1}$.

Resolução

- Cálculo da quantidade, em mols, contida em 2,63 g de NaCl :

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{2,63 \text{ g}}{58,4 \text{ g/mol}} \Rightarrow \boxed{n = 0,045 \text{ mol de NaCl em } 100 \text{ mL de líquido corporal}}$$



A ureia não sofre hidrólise. Logo, para obter o mesmo efeito de proteção que o NaCl , será necessário igual número de partículas dispersas em 100 mL de líquido corporal (0,090 mol):

Quantidade, em gramas, de ureia:

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow 0,090 \text{ mol} = \frac{m}{60,0 \text{ g/mol}} \Rightarrow m = 5,40 \text{ g}$$

Serão necessários 5,40g de ureia.

- b) Ao se mover da água doce para a salgada, por osmose haveria perda de água do sapo em virtude da maior concentração de partículas dispersas no meio externo, que é hipertônico com relação aos seus tecidos.

27. (PUC-SP) – O sangue humano tem uma pressão osmótica de 7,8 atm, a 37°C. Qual a massa de glicose necessária para preparar um litro de solução isotônica, a ser usada nessa temperatura?

- a) 5,5 gramas b) 11 gramas c) 55 gramas
d) 110 gramas e) 220 gramas

Dado: massa molar da glicose = 180 g/mol

Resolução

$$\pi_{\text{sangue}} = 7,8 \text{ atm, a } 37^\circ\text{C}$$

ISOTÔNICA \Rightarrow mesma pressão osmótica (π)

$$\pi_{\text{sangue}} = \pi_{\text{glicose}} \quad \pi = \mathcal{M}RT \quad 7,8 = \mathcal{M} \cdot 0,082 \times 310$$

$$\mathcal{M} = 0,307 \text{ mol/L}$$

$$\mathcal{M} = \frac{n_{\text{soluto}}}{V(\text{L})} \quad 0,307 = \frac{m}{180}$$

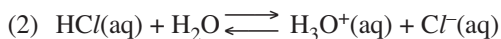
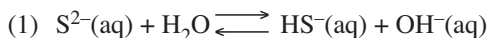
$$m = 55 \text{ g}$$

Resposta: C

EXERCÍCIOS-TAREFA

Módulo 19 – Conceitos de Ácidos e Bases II: A Teoria de Lewis

1. (UEPA) – Nas seguintes séries de reações ácido-base de Brønsted-Lowry:



- a) Mencione a substância anfiprótica, ou seja, a substância que funciona como ácido de Brønsted e como base de Brønsted, dependendo da reação.
b) Indique os pares conjugados ácido-base da primeira reação.
c) Classifique o ânion Cl^- da reação inversa da segunda reação, **como ácido ou base**, de acordo com a Teoria Protônica de Brønsted-Lowry e a Teoria Eletrônica de Lewis.

2. (UFLA-MG) – Nas reações:



a amônia é:

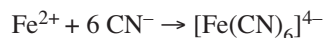
- a) um ácido em ambas as reações, segundo Brønsted-Lowry.
b) um ácido segundo Lewis, em ambas as reações.
c) uma base segundo Lewis, em ambas as reações.
d) um ácido na reação I e uma base na reação II, segundo Lewis.
e) uma base na reação I e um ácido na reação II, segundo Brønsted-Lowry.

3. (UFG-GO) – Com relação aos conceitos de ácidos de Brønsted-Lowry e Lewis, aplicados no equilíbrio:



- (01) NH_4^+ e NH_3 constituem um par ácido-base conjugado.
(02) O ácido conjugado de OH^- é H_2O .
(04) NH_3 é uma base de Lewis.
(08) H_2O reage como base.

4. Os metais de transição têm uma grande tendência para formar íons complexos, pois apresentam a penúltima e a última camadas eletrônicas incompletas. Assim, por exemplo, a formação do íon ferrocianeto pode ser explicada pela reação:



Neste exemplo, podemos dizer, com mais correção, que o Fe^{2+} agiu como:

- a) ácido de Lewis. b) base de Lewis.
c) oxidante. d) redutor.
e) sal simples.

5. (UFSC) – A reação $\text{Cu}^{2+} + 4 \text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ corresponde a uma reação de:

- a) neutralização, segundo a teoria de Arrhenius.
b) oxidação do cobre.
c) neutralização, segundo a teoria de Lewis.
d) redução do cobre.
e) oxidação do nitrogênio.

6. (UNICAMP-SP) – Sabendo-se que o nitrogênio (N) tem cinco elétrons em sua camada de valência:

- a) represente, de forma esquemática, a estrutura eletrônica (fórmula eletrônica ou de Lewis) da amônia (NH_3), indicando cada par eletrônico por dois pontos (:).
b) observando a estrutura esquematizada, que propriedades, ácidas ou básicas, pode-se esperar que a amônia apresente? Justifique.



o trifluoreto de boro é, segundo Lewis,

- a) um ácido.
b) uma base.
c) um sal.
d) um anfótero.
e) reagente nucleófilo.

8. (IME) – Na evolução do conceito ácido-base surge inicialmente a sua definição segundo Arrhenius, seguida pelo conceito de Brønsted-Lowry e mais tarde pelo de Lewis. Responda:

- Qual a limitação do conceito inicial de ácido e base que deu origem à definição de Brønsted-Lowry?
- Quais as limitações dos dois conceitos já existentes que levaram Lewis a postular sua teoria?

9. (UFPR) – Numere a segunda coluna com base nas informações da primeira coluna.

- Doa próton (teoria protônica)
- Recebe um par de elétrons
- Ácido segundo a teoria aquosa
- Recebe próton (teoria protônica)
- Doa par de elétrons

- () ácido de Arrhenius
 () base de Lewis
 () ácido de Brønsted-Lowry
 () ácido de Lewis
 () base de Brønsted-Lowry

Assinale a sequência correta da coluna da direita, de cima para baixo.

- a) 3, 5, 1, 2, 4 b) 5, 3, 2, 1, 4 c) 5, 2, 1, 4, 3
 d) 3, 5, 2, 1, 4 e) 1, 4, 3, 2, 5

Módulo 20 – Força de Ácidos e Bases

1. Sabendo que CN^- é uma base mais forte do que a base NO_2^- , podemos afirmar que:

- a base NO_2^- recebe prótons mais facilmente do que a base CN^- .
- o HCN doa prótons mais facilmente do que o HNO_2 .
- o ácido HNO_2 é mais fraco que o ácido HCN .
- o ácido HNO_2 é mais forte que o ácido HCN .
- os ácidos HCN e HNO_2 têm a mesma força.

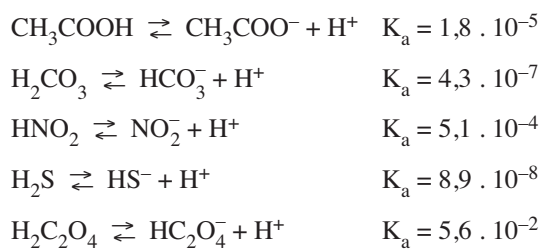
2. (F.E.S.-VALE DO SAPUCAÍ-MG) – A constante de equilíbrio para a reação:



Todas as afirmativas estão corretas, **exceto**:

- CN^- é uma base mais forte que ONO^- .
- HCN é um ácido mais forte que o HONO .
- A base conjugada de HONO é ONO^- .
- O ácido conjugado de CN^- é HCN .
- A constante de equilíbrio da reação inversa vale aproximadamente $9,1 \times 10^{-7}$.

3. (UNI-RIO) – Dados os ácidos abaixo e suas constantes de ionização, indique aquele cuja base conjugada é a mais fraca:



- a) CH_3COOH b) H_2CO_3 c) HNO_2
 d) H_2S e) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

4. (UFG-GO) – O vinagre comercial pode ser obtido pela diluição do ácido acético (CH_3COOH) em água.

Sabendo-se que a constante de equilíbrio, para a reação representada pela equação: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$, é $1,8 \times 10^{-5}$, pode-se dizer que:

- Numa solução aquosa desse ácido existem mais moléculas do que íons.
- O ânion CH_3COO^- é uma base, segundo Lowry-Brønsted.
- O CH_3COOH é um tetraácido.
- A adição de HCl a essa solução desloca o equilíbrio para a direita.
- A velocidade da reação inversa é proporcional à concentração do íon acetato e do íon hidrogênio.
- A reação desse ácido com hidróxido de sódio ocorre mol a mol.

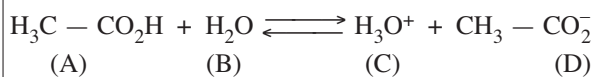
5. (UFG-GO) – O. Tachenius, em 1671, afirmou que “não há nada no universo além de ácidos e bases a partir dos quais a natureza compõe todas as coisas”.

Sobre ácidos e bases é correto afirmar:

- Segundo Arrhenius, ácidos são todas as substâncias que possuem hidrogênio e reagem com água.
- Segundo Brønsted, ácido é qualquer substância capaz de doar um próton.
- As espécies químicas H^+ , Cu^{2+} , AlCl_3 e NH_3 são todas ácidos de Lewis.
- A força de um ácido ou de uma base diminui com o aumento de sua capacidade de ionização em água.
- Quanto mais forte é o ácido, mais fraca é sua base conjugada.

Dado: números atômicos: H: 1, Cu: 29, Al: 13, Cl: 17, N: 7.

6. (UFPR) – Dada a seguinte reação:



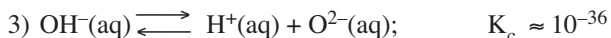
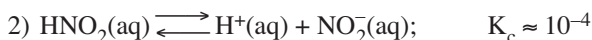
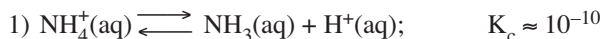
é correto afirmar:

- A espécie (C) é chamada de hidrônio.
- Sendo (A) um ácido fraco, sua base conjugada será fraca.
- A substância (B) é uma base de Lewis.
- A espécie (D) é o ânion acetato.

(16) (B) e (C) constituem um par conjugado, pois diferem de um próton (H^+).

(32) (C) é um ácido de Brønsted-Lowry.

7. (ITA-SP) – Considere as seguintes informações, todas relativas à temperatura de $25^\circ C$:



Examinando essas informações, alunos fizeram as seguintes afirmações:

I) OH^- é um ácido muitíssimo fraco.

II) O ânion NO_2^- é a base conjugada do HNO_2 .

III) HNO_2 é o ácido conjugado da base NO_2^- .

IV) NH_4^+ é um ácido mais fraco do que HNO_2 .

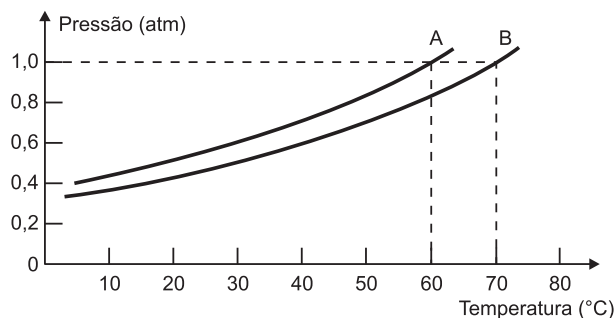
V) Para $NH_4^+(aq) + NO_2^-(aq) \rightleftharpoons NH_3(aq) + HNO_2(aq)$, devemos ter $K_c < 1$.

Das afirmações acima está(ão) correta(s):

- Todas.
- Apenas I.
- Apenas I, II e III.
- Apenas I, II, III e IV.
- Apenas II e III.

Módulo 21 – Propriedades Coligativas: Pressão Máxima de Vapor

1. (UNICAMP-SP) – As pressões de vapor dos líquidos A e B, em função da temperatura, estão representadas no gráfico a seguir.



- Sob pressão de 1,0 atm, qual a temperatura de ebulição de cada um desses líquidos?
- Qual dos líquidos apresenta maior pressão de vapor a $50^\circ C$, e qual o valor aproximado dessa pressão?

Para os testes 2 e 3, são dados valores da pressão máxima de vapor, em mmHg, de algumas substâncias a 80 e $100^\circ C$:

	CH_3COOH	D_2O	H_2O	C_2H_5OH	CCl_4
$80^\circ C$	202	332	355	813	843
$100^\circ C$	417	722	760	1390	1463

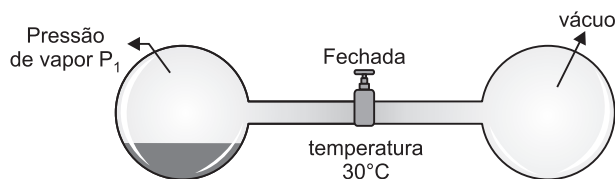
2. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – No intervalo de temperatura $80 - 100^\circ C$, a menos volátil dessas substâncias é:

- CH_3COOH
- D_2O
- H_2O
- C_2H_5OH
- CCl_4

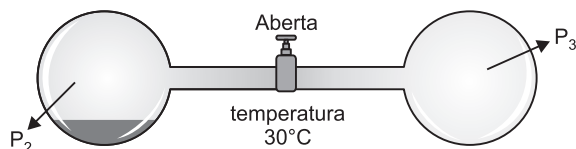
3. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – À temperatura de $80^\circ C$ e pressão de 700mmHg , quantas dessas substâncias estão totalmente vaporizadas?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

4. A seguir, são apresentados dois balões de vidro, sendo que o primeiro contém água e o segundo apresenta vácuo. Uma torneira separa os dois balões.



Abre-se a torneira e aguarda-se o tempo necessário para que o novo equilíbrio se estabeleça:

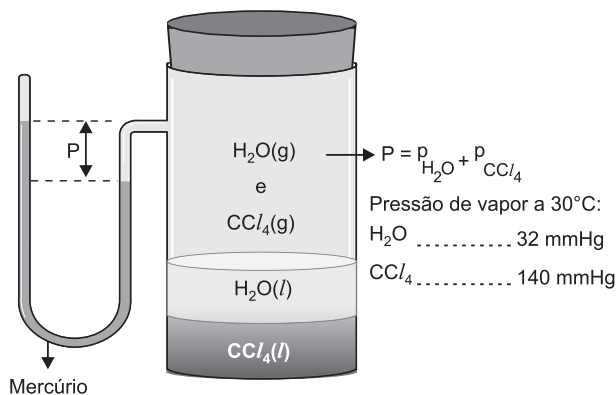


P_1, P_2 e P_3 : pressões máximas de vapor.

A relação entre as pressões máximas de vapor é:

- $P_1 = P_2 + P_3$
- $P_1 = P_2 = P_3$
- $P_2 = P_1 + P_3$
- $P_3 = P_1 + P_2$
- $P_3 = P_1 + 2 P_2$

(FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS – MODELO ENEM) – As questões 5 e 6 referem-se a uma mistura de água e tetracloreto de carbono em equilíbrio (após agitação), à temperatura de $30^\circ C$.

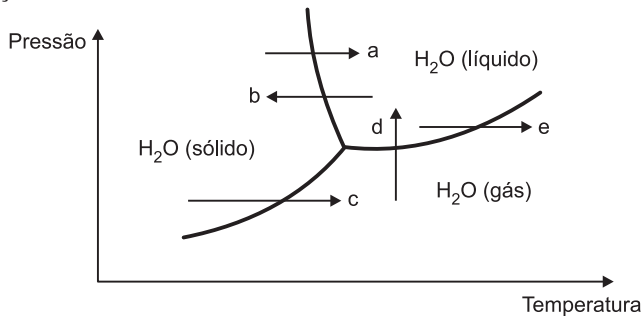


5. No sistema apresentado, a contribuição do tetracloreto de carbono para a pressão total (P) é superior à da água. Isto se deve ao fato de CCl_4

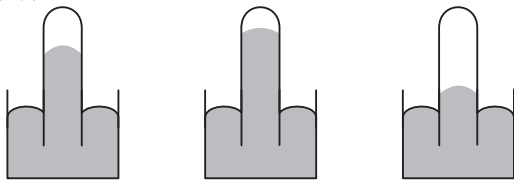
- ser um composto orgânico.
- ser mais denso do que a água.
- estar em maior quantidade do que a água.
- ter pressão de vapor superior à da água.
- ter maior número de átomos na molécula.

6. Para conseguir um aumento no valor de P, permitindo-se executar uma só alteração nas condições iniciais, basta
- aumentar a temperatura do sistema.
 - aumentar a quantidade de $\text{CCl}_4(l)$.
 - aumentar o volume do sistema.
 - diminuir a quantidade de $\text{H}_2\text{O}(l)$.
 - diminuir a quantidade de mercúrio.

7. (FUVEST-SP – MODELO ENEM) – Acredita-se que os cometas sejam “bolas de gelo” que, ao se aproximarem do Sol, volatilizam-se parcialmente à baixa pressão do espaço. Qual das flechas do diagrama abaixo corresponde à transformação citada?



8. A seguir, apresentamos três manômetros de Torricelli que contêm, **não** respectivamente, água, éter e benzeno à mesma temperatura.

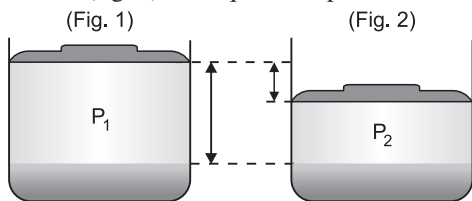


Acima da superfície do mercúrio no tubo, sempre há certa quantidade de líquido. Indique a ordem correta da esquerda para a direita em que ocorrem as três substâncias:

- benzeno, éter, água.
- éter, água, benzeno.
- éter, benzeno, água.
- água, benzeno, éter.
- benzeno, água, éter.

Nota: Temperaturas de ebulição: éter < benzeno < água

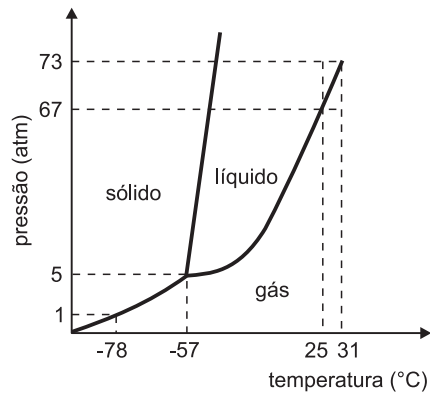
9. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Tem-se um recipiente dotado de um êmbolo que contém água (fig. 1); abaixamos o êmbolo (fig. 2), sem que a temperatura se altere:



Chamamos a primeira pressão de vapor de P_1 , e a segunda, de P_2 . Pode-se afirmar que:

- $P_1 > P_2$
- $P_1 = P_2$
- $P_1 = 2 P_2$
- $P_1 = 4 P_2$
- $P_1 = 8 P_2$

10. (FUVEST-SP – MODELO ENEM) – O diagrama esboçado a seguir mostra os estados físicos do CO_2 em diferentes pressões e temperaturas. As curvas são formadas por pontos em que coexistem dois ou mais estados físicos.



Um método de produção de gelo seco (CO_2 sólido) envolve

- compressão isotérmica do $\text{CO}_2(g)$, inicialmente a 25°C e 1 atm, até passar para o estado líquido;
- rápida descompressão até 1 atm, processo no qual ocorre forte abaixamento de temperatura e aparecimento de CO_2 sólido.

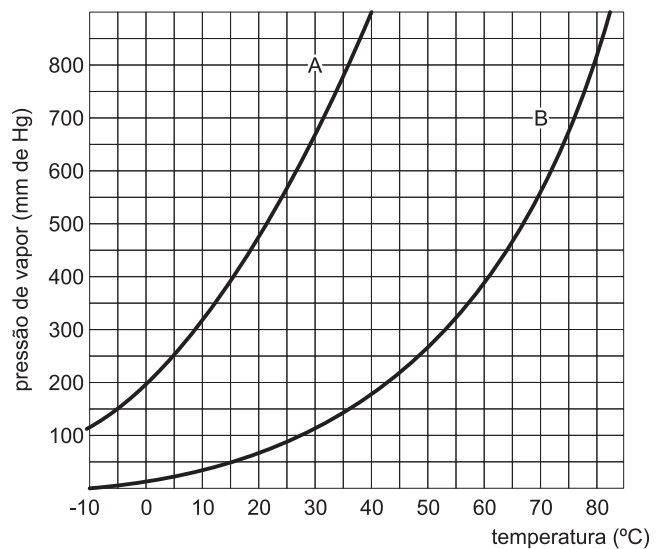
Em I, a pressão mínima a que o $\text{CO}_2(g)$ deve ser submetido para começar a liquefação, a 25°C , é y e, em II, a temperatura deve atingir x.

Os valores de y e x são, respectivamente,

- 67 atm e 0°C
- 73 atm e -78°C
- 5 atm e -57°C
- 67 atm e -78°C
- 73 atm e -57°C

11. (FUVEST-SP) – As curvas de pressão de vapor de éter dietílico (A) e etanol (B) são dadas abaixo.

- Quais os pontos de ebulição dessas substâncias na cidade de São Paulo (pressão atmosférica = 700 mm de Hg)?
- A 500mm de Hg e 50°C , qual é o estado físico de cada uma dessas substâncias? Justifique.



12. (FUVEST-SP) – Em um mesmo local, a pressão de vapor de todas as substâncias puras líquidas

- tem o mesmo valor à mesma temperatura.
- tem o mesmo valor nos respectivos pontos de ebulição.
- tem o mesmo valor nos respectivos pontos de congelamento.

- d) aumenta com o aumento do volume de líquido presente, à temperatura constante.
e) diminui com o aumento do volume de líquido presente, à temperatura constante.

13. Em um determinado local, a água pura, aquecida em um recipiente aberto, ferve a 90°C . Com base nisso, podemos concluir que, neste local,

- a) a pressão do vapor da água é igual a 760 mm de Hg.
b) a pressão atmosférica deve ser igual a uma atmosfera.
c) estamos acima do nível do mar.
d) estamos abaixo do nível do mar.

14. **(UnB-DF)** – As atividades do químico incluem identificar a composição das substâncias e determinar a sua concentração nos materiais. Para a realização de tais atividades, são utilizados atualmente equipamentos analíticos, entre os quais os instrumentos espectrofotométricos, de alta precisão e sensibilidade. Esses equipamentos possuem um sistema computacional acoplado que processa as informações obtidas pelo instrumento, fornecendo ao analista a identificação dos elementos químicos presentes na substância, bem como a sua concentração. A instalação e a manutenção desses equipamentos em laboratório exigem alguns cuidados básicos, em função da existência de sistemas eletrônicos de microprocessamento. Julgue os itens que se seguem, relativos ao problema da conservação desses instrumentos.

- (1) A necessidade de manter esses equipamentos em compartimento fechado, anexo ao laboratório, pode ser justificada pela utilização de substâncias com baixo ponto de ebulição e que contaminam o ambiente.
- (2) A teoria cinético-molecular demonstra que, em dias quentes, os vapores e gases emitidos no laboratório poderão atacar o sistema eletrônico dos equipamentos com maior intensidade do que em dias frios.
- (3) Em laboratórios situados em regiões geográficas de elevada altitude, a vaporização de substâncias voláteis será mais rápida do que em laboratórios localizados em regiões próximas ao nível do mar.

15. **(UEM-PR)** – Sobre os estados líquido, sólido e gasoso, é correto afirmar que

- 01) um líquido entra em ebulição somente quando sua pressão de vapor for maior que duas vezes a pressão exercida sobre o líquido.
- 02) o calor de vaporização de um líquido é positivo.
- 04) um sólido sublimar-se-á quando sua pressão de vapor atingir o valor da pressão externa.
- 08) a densidade de um líquido, à temperatura e pressão constantes, é sempre maior do que a densidade do seu vapor.
- 16) um líquido A é considerado mais volátil que um líquido B, se a pressão de vapor de A for maior que a pressão de vapor de B, nas mesmas condições de pressão e temperatura.

16. **(FEI-SP)** – Foram realizadas medidas de pressão de vapor em experiências com o tubo de Torricelli, utilizando os líquidos puros: água, álcool, éter e acetona, todos à mesma temperatura de 20°C e no nível do mar. Os resultados foram os seguintes:

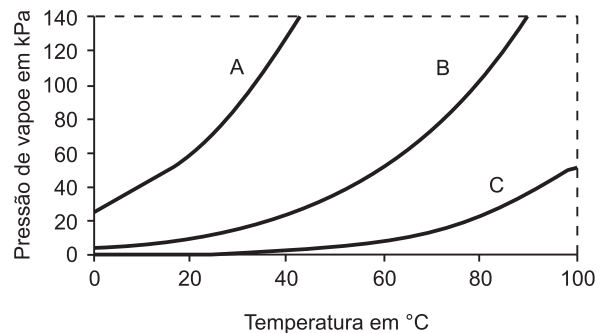
	água	álcool	acetona	éter
pressão de vapor (mmHg)	17,5	43,9	184,8	442,2

Considerando os mesmos líquidos, a 20°C , o(s) que entraria(m) em ebulição na referida temperatura, em um ambiente onde a pressão fosse reduzida a 150 mmHg, seria(m)

- a) nenhum dos líquidos.
- b) apenas a acetona.
- c) apenas o éter e a acetona.
- d) apenas a água.
- e) apenas a água e o álcool.

(UNICENTRO-PR) – Questões 17 e 18.

O gráfico a seguir mostra as variações de pressão de vapor (kPa), em função da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), do butan-1-ol, do éter dietílico e da butanona, representadas pelas letras A, B e C, não necessariamente na ordem apresentada das substâncias.



17. De acordo com o gráfico, as curvas A, B e C correspondem, respectivamente, aos compostos:

- a) butanona, butan-1-ol e éter dietílico.
- b) éter dietílico, butan-1-ol e butanona.
- c) éter dietílico, butanona e butan-1-ol.
- d) butan-1-ol, éter dietílico e butanona.
- e) butan-1-ol, butanona e éter dietílico.

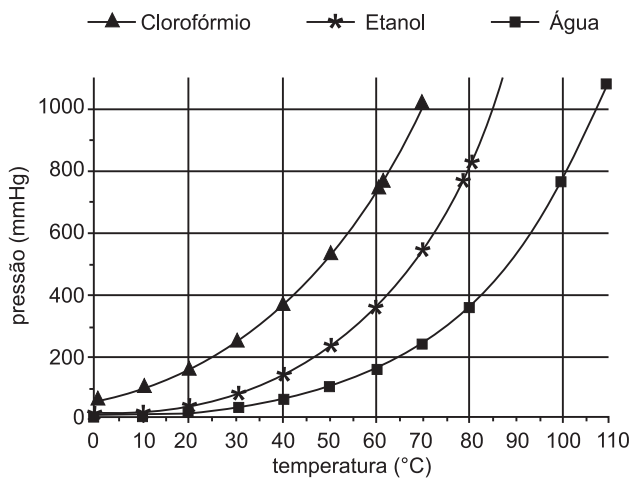
18. Sobre as propriedades dos compostos butan-1-ol, éter dietílico e butanona, considere as afirmativas a seguir.

- I. A uma mesma pressão, a temperatura de ebulição do butan-1-ol é maior que a do éter dietílico.
- II. As moléculas de éter dietílico, entre os compostos citados, são as mais polares e fortemente unidas por ligações de hidrogênio.
- III. Os três compostos apresentam a mesma fórmula molecular.
- IV. Os três compostos formam ligações de hidrogênio com a água.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- a) I e II.
- b) I e IV.
- c) III e IV.
- d) I, II e III.
- e) II, III e IV.

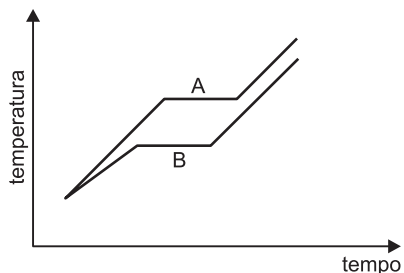
19. (FGV-SP – MODELO ENEM) – Considere clorofórmio, etanol e água, todos os líquidos, à temperatura ambiente. A dependência das pressões de vapor dos três líquidos em função da temperatura é mostrada no gráfico a seguir.



No topo de uma certa montanha, a água ferve a 80°C. Nesse local, dentro dos limites de erro de leitura dos dados, pode-se afirmar que

- a pressão atmosférica é igual a 800mmHg.
- o clorofórmio, em sua temperatura de ebulição, apresenta pressão de vapor igual à do etanol a 60°C.
- o etanol entrará em ebulição a uma temperatura menor que a do clorofórmio.
- a água apresenta forças intermoleculares mais fracas que as dos outros dois líquidos.
- o etanol entrará em ebulição a 78°C.

20. (FGV-SP – MODELO ENEM) – Um estudante, utilizando um equipamento específico, aqueceu dois líquidos, A e B, nas mesmas condições experimentais, monitorou a temperatura e descreveu, de forma gráfica, a relação da temperatura com o tempo decorrido no experimento.



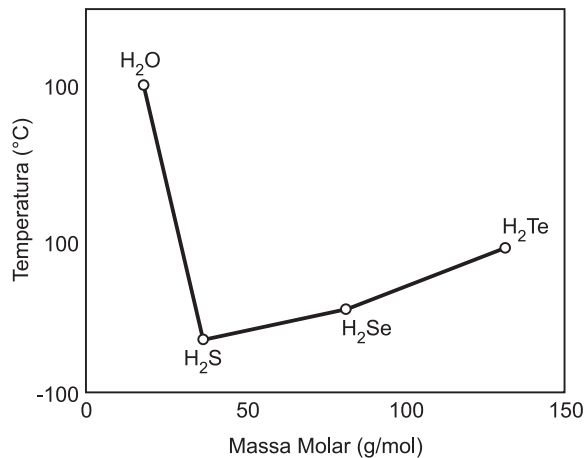
Ele concluiu sua pesquisa fazendo as seguintes afirmações:

- O líquido B tem pressão de vapor mais baixa que a do líquido A.
- O líquido A permanece no estado líquido por um intervalo de temperatura maior.
- Somente o líquido B pode ser uma substância pura.

Das conclusões do estudante, é correto o que ele afirmou apenas em

- I.
- II.
- I e II.
- I e III.
- II e III.

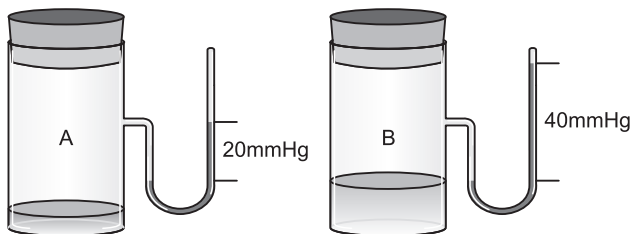
21. (UFC-CE) – O gráfico a seguir apresenta os pontos de ebulição em função da massa molar para as moléculas do tipo H_2X , em que X é um elemento do grupo 16 na tabela periódica.



- Defina, em função da pressão de vapor, a temperatura de ebulição.
- Desenhe um gráfico, apresentando o perfil da pressão de vapor em função da massa molar para esses hidretos.

Módulo 22 – Número de Partículas Dispersas. Tonometria

- Qual o número de partículas dispersas em uma solução aquosa que contém 18g de glicose? (Massa molar = 180 g/mol) Constante de Avogadro: $6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Qual o valor de i (fator de correção de van't Hoff) para H_3PO_4 em solução, quando 30% ionizado?
- Uma solução contém ácido sulfúrico 0,2 mol/L 80% ionizado. Qual o número de partículas dispersas em 1 litro dessa solução? Constante de Avogadro: $6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- (IMT-SP) – Os coeficientes de van't Hoff para duas soluções, uma de KCl e outra de Na_2SO_4 , são, respectivamente, 1,9 e 2,8. Qual é a razão entre os graus de dissociação aparente desses sais nas duas soluções?
- (UnB-DF) – A 25°C, os líquidos A(20 cm³) e B(70 cm³) apresentam as pressões de vapor (mmHg) indicadas nos manômetros. Com base nas informações fornecidas, julgue os itens:



- (1) O líquido A é mais volátil que o B.
- (2) A temperatura de ebulição de B é mais elevada que a de A.
- (3) Se o volume de A fosse 40cm^3 , a 25°C , sua pressão de vapor seria 40mmHg .
- (4) Dependendo da pressão externa, os líquidos A e B podem apresentar diferentes temperaturas de ebulição.
- (5) Ao se dissolver um soluto não volátil em A ou B, haverá um decréscimo da pressão de vapor.
- (6) Se o líquido A fosse a água, para que sua pressão de vapor se igualasse a 760mmHg , seria necessária uma temperatura de 100°C .

6. (FUVEST-SP) – Numa mesma temperatura, foram medidas as pressões de vapor dos três sistemas abaixo.

x	100g de benzeno
y	5,00g de naftaleno dissolvidos em 100g de benzeno (massa molar do naftaleno = 128g/mol)
z	5,00g de naftaceno dissolvidos em 100g de benzeno (massa molar do naftaceno = 228g/mol)

Os resultados, para esses três sistemas, foram: $105,0$, $106,4$ e $108,2\text{mmHg}$, não necessariamente nessa ordem. Tais valores são, respectivamente, as pressões de vapor dos sistemas

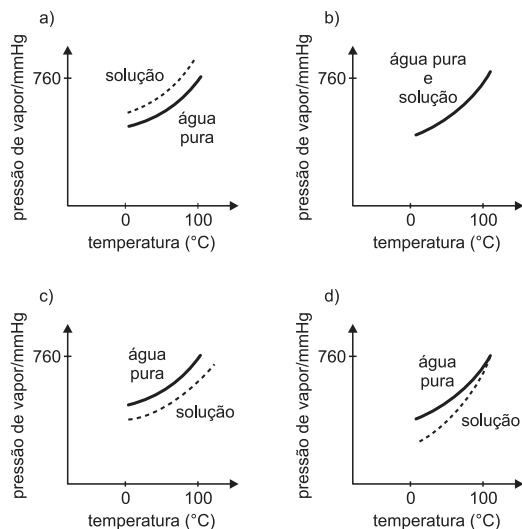
	$105,0$	$106,4$	$108,2$
a)	x	y	z
b)	y	x	z
c)	y	z	x
d)	x	z	y
e)	z	y	x

7. (UNESP-SP) – A uma dada temperatura, possui a MENOR pressão de vapor a solução aquosa:

- a) $0,1\text{mol/L}$ de sacarose.
- b) $0,2\text{mol/L}$ de sacarose.
- c) $0,1\text{mol/L}$ de ácido clorídrico.
- d) $0,2\text{mol/L}$ de ácido clorídrico.
- e) $0,1\text{mol/L}$ de hidróxido de sódio.

8. (UFMG) – Estudaram-se as variações das pressões de vapor da água pura e de uma solução aquosa diluída de sacarose (açúcar de cana), em função da temperatura.

O gráfico que descreve, qualitativamente, essas variações é:



9. (UEPB) – Uma solução não eletrolítica, constituída pela dissolução de 15gramas de um soluto em 135gramas de água, apresenta pressão de vapor igual a 750mmHg , a 100°C . Qual a massa molecular do soluto, sabendo-se que a pressão de vapor da água a 100°C é 760mmHg ?

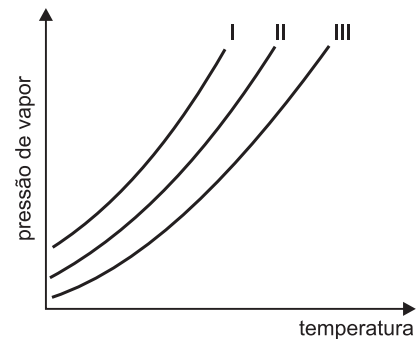
Dados: $H = 1\text{u}$, $O = 16\text{u}$, $K_t = \text{massa molar do solvente}/1000$

- a) $18,13\text{u}$
- b) $200,01\text{u}$
- c) $135,07\text{u}$
- d) $152,00\text{u}$
- e) $154,84\text{u}$

10. Sabendo-se que a pressão máxima de vapor da água, a 23°C , é igual a 21mm de Hg, qual o abaixamento absoluto da pressão máxima de vapor na solução que contém 41g de sacarose dissolvidos em 350g de água?

Massa Molar_{sacarose} = 342g/mol Massa Molar_{H₂O} = 18g/mol

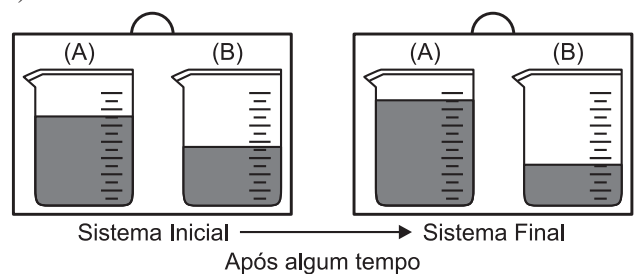
11. (UFSCar-SP) – As curvas de pressão de vapor, em função da temperatura, para um solvente puro, uma solução concentrada e uma solução diluída são apresentadas na figura a seguir.



Considerando que as soluções foram preparadas com o mesmo soluto não volátil, pode-se afirmar que as curvas do solvente puro, da solução concentrada e da solução diluída são, respectivamente,

- a) I, II e III.
- b) I, III e II.
- c) II, III e I.
- d) II, I e III.
- e) III, II e I.

12. (UEL-PR – MODELO ENEM) – A figura a seguir mostra dois conjuntos com dois béqueres (A) e (B) com soluções aquosas de mesmo soluto não volátil, porém de concentrações diferentes. Os béqueres estão colocados em um recipiente fechado. Após algum tempo, o sistema atinge o equilíbrio (sistema final) e observa-se que o nível da solução contida no béquer (A) aumentou e o nível da solução contida no béquer (B) diminuiu.



Com base na figura, considere as afirmativas a seguir.

- I. No início, a pressão de vapor da água no béquer (B) é maior que a pressão de vapor da água no béquer (A).

- II. Inicialmente a solução no béquer (B) está mais diluída que a solução no béquer (A).
- III. A água é transferida, como vapor, da solução mais concentrada para a solução mais diluída.
- IV. A pressão de vapor da água nos béqueres (A) e (B) é menor que a pressão de vapor da água pura.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- a) I e II. b) II e III. c) II e IV.
d) I, II e IV. e) II, III e IV.

Módulo 23 – Criometria e Ebuliometria

1. (ITA-SP) – Considere as seguintes soluções diluídas:

- I. x mol de sacarose/quilograma de água.
II. y mol de cloreto de sódio/quilograma de água.
III. z mol de sulfato de magnésio/quilograma de água.
IV. w mol de cloreto de magnésio/quilograma de água.

Para que nestas quatro soluções, durante o resfriamento, possa começar a aparecer gelo na mesma temperatura, digamos a $-1,3^{\circ}\text{C}$, é necessário que, em primeira aproximação, tenhamos:

- a) $x = y = z = w$ b) $1x = 2y = 4z = 4w$
c) $1x = 2y = 2z = 3w$ d) $x/1 = y/2 = z/2 = w/3$
e) $x/1 = y/2 = z/4 = w/4$

2. (FATEC-SP – MODELO ENEM) – É prática nos países frios adicionar etilenoglicol $\left(\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}\right)$ à água do radia-

dor dos automóveis durante o inverno.

Isto se justifica porque a água:

- a) diminui seu pH.
b) diminui seu ponto de congelamento.
c) diminui seu ponto de ebulição.
d) aumenta sua pressão máxima de vapor.
e) aumenta sua pressão osmótica.

3. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Uma solução, contendo 1 mol de açúcar em 1000g de água, congela a $-1,86^{\circ}\text{C}$. Para obter uma solução que congele a $-3,72^{\circ}\text{C}$, que massa de água deve ser evaporada da solução original?

- a) 100 g b) 200 g c) 300 g d) 500 g e) 900 g

4. (FUVEST-SP) – As temperaturas de início de solidificação de três soluções, A, B e C são, respectivamente, T_A , T_B e T_C . As soluções, em questão, são aquosas, de mesma concentração em mol/L, e seus respectivos solutos são ácido acético, cloreto de hidrogênio e sacarose. Assim, pode-se afirmar:

- a) $T_A = T_B = T_C$
b) $T_A > T_B > T_C$
c) $T_B > T_A = T_C$
d) $T_A = T_B > T_C$
e) $T_C > T_A > T_B$

5. (FUVEST-SP) – Dissolvendo-se 0,010 mol de cloreto de sódio em 100g de água, obtém-se uma solução que, ao ser resfriada, inicia sua solidificação à temperatura de $-0,370^{\circ}\text{C}$. Analogamente, dissolvendo-se 0,010 mol de um sal x em 100g de água, obtém-se uma solução que inicia sua solidificação a $-0,925^{\circ}\text{C}$. Dentre os sais abaixo, qual poderia ser o sal x?

- a) acetato de sódio b) carbonato de sódio
c) nitrato de ferro (III) d) sulfato de crômio (III)
e) cloreto de amônio

6. (UNICAMP-SP) – Considere quatro garrafas térmicas contendo:

Garrafa 1: 20 gramas de água líquida e 80 gramas de gelo picado.

Garrafa 2: 70 gramas de solução aquosa $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ em sacarose e 30 gramas de gelo picado.

Garrafa 3: 50 gramas de água líquida e 50 gramas de gelo picado.

Garrafa 4: 70 gramas de solução aquosa $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ em NaCl e 30 gramas de gelo picado.

O conteúdo de cada garrafa está em equilíbrio térmico, isto é, em cada caso a temperatura do sólido é igual à do líquido.

- a) Considere que as temperaturas T_1 , T_2 , T_3 e T_4 correspondem, respectivamente, às garrafas **1**, **2**, **3** e **4**. Ordene essas temperaturas de maneira crescente, usando os símbolos adequados dentre os seguintes: $>$, $<$, \geq , \leq , $=$.
b) Justifique a escolha da menor temperatura.

7. (FUVEST-SP) – Para distinguir entre duas soluções aquosas de concentração $0,10 \text{ mol/L}$, uma de ácido forte e a outra de ácido fraco, ambos monopróticos, pode-se:

- a) mergulhar em cada uma delas um pedaço de papel de tornasol azul.
b) mergulhar em cada uma delas um pedaço de papel de tornasol rosa.
c) mergulhar em cada uma delas uma lâmina de prata polida.
d) medir a temperatura de congelamento de cada solução.
e) adicionar uma pequena quantidade de cloreto de sódio em cada solução.

8. (POUSO ALEGRE-MG) – 4g de uma substância A, dissolvidos em 100 g de água, dão uma solução não eletrolítica, que congela a $-0,372^{\circ}\text{C}$. A constante crioscópica da água é $1,86^{\circ}\text{C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{kg}$.

A massa molecular de A é:

- a) 320u b) 200u c) 160u d) 150u e) 100u

9. (UNIP-SP) – Temos três soluções:

- A) sacarose $0,6 \text{ mol/kg}$ de H_2O
B) KCl $0,5 \text{ mol/kg}$ de H_2O
C) Na_2SO_4 $0,5 \text{ mol/kg}$ de H_2O

A relação entre as temperaturas de início de ebulição é:

- a) $A = B = C$ b) $A > B > C$ c) $C > B > A$
d) $B > A > C$ e) $C > A > B$

10. (ITA-SP) – Uma solução de NaCl em água é aquecida num recipiente aberto. Qual das afirmações abaixo é **falsa** em relação a este sistema?

- A solução entrará em ebulição, quando a sua pressão de vapor for igual à pressão ambiente;
- A molaridade da solução aumentará, à medida que prosseguir a ebulição;
- A temperatura de início de ebulição é maior que a da água pura;
- A temperatura aumenta, à medida que a ebulição prossegue;
- A composição do vapor desprendido é a mesma da solução residual.

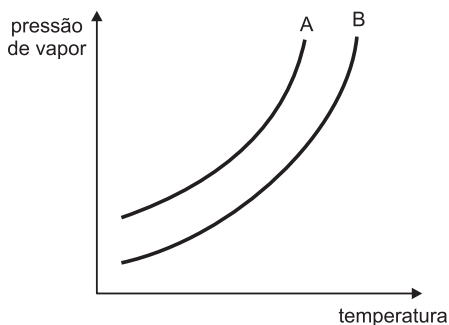
11. (ITA-SP) – Sobre a temperatura de ebulição de um líquido são feitas as afirmações:

- Aumenta com o aumento da força da ligação química **intramolecular**.
- Aumenta com o aumento da força da ligação química **intermolecular**.
- Aumenta com o aumento da pressão exercida sobre o líquido.
- Aumenta com o aumento da quantidade de sólido dissolvido.

Estão corretas:

- I e II, apenas.
- I e IV, apenas.
- III e IV, apenas.
- II, III e IV, apenas.
- Todas.

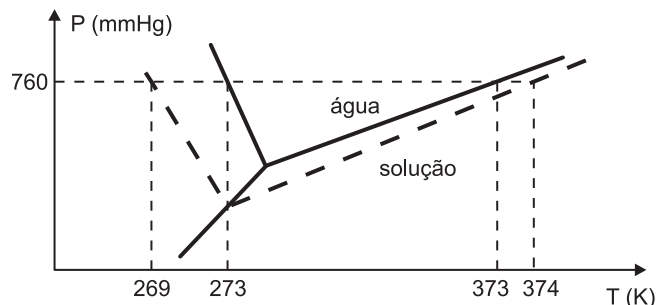
12. (UNIP-SP) – São dadas as curvas de pressão máxima de vapor para os líquidos A e B.



Pode-se concluir que:

- A temperatura de ebulição de A é maior que a temperatura de ebulição de B.
- Se o líquido A for um solvente puro, o líquido B poderia ser uma solução de um soluto não volátil nesse solvente.
- O líquido B é mais volátil que o líquido A.
- Se o líquido B for um solvente puro, o líquido A poderia ser uma solução de um soluto não volátil nesse solvente.
- A temperatura de ebulição de A em São Paulo é maior que a temperatura de ebulição de A em Santos.

13. (IME-RJ) – Uma solução com 102,6g de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), em água, apresenta concentração de 1,2 molar e densidade $1,0104 \text{ g/cm}^3$. Os diagramas de fase dessa solução e da água pura estão representados abaixo.



Com base nos efeitos coligativos observados nesses diagramas, calcule as constantes molal ebuliométrica (K_e) e criométrica (K_c) da água.

Nota: molar = mol/L; molal = mol/kg

Dados: Massas atômicas: H = 1u, C = 12u, O = 16u.

14. Dissolvem-se, em 100g de água, 1,8g de glicose e 3,42g de sacarose. Qual o ponto de ebulição da solução?

Dados: $K_e = 0,52^\circ\text{C mol}^{-1}\text{kg}$

Massa molar da glicose = 180g/mol

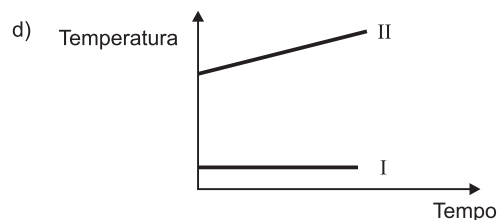
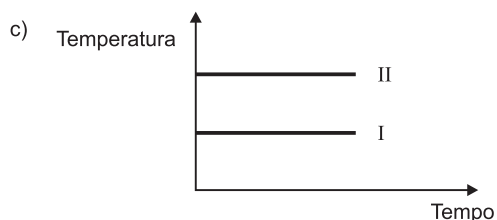
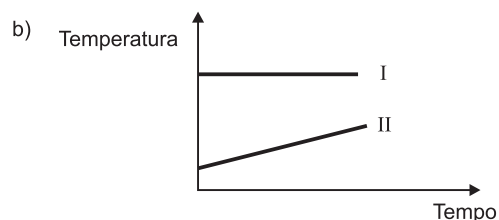
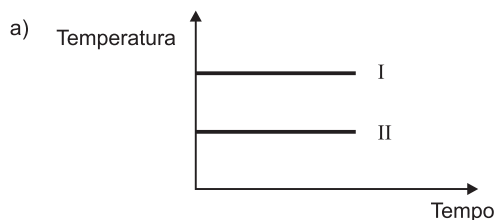
Massa molar da sacarose = 342g/mol

Pressão atmosférica = 760 mmHg

15. (ITA-SP) – Sabe-se que 1,00 mol de substância, dissolvido em 1,00kg de sulfeto de carbono, produz uma elevação de $2,40^\circ\text{C}$ na temperatura de ebulição do mesmo. Verificou-se que 2,40g de uma substância simples, dissolvidos em 100g daquele solvente, aumentaram sua temperatura de ebulição de $0,464^\circ\text{C}$. Sabendo-se que a massa atômica desse elemento é 31,0 u, calcula-se que o número de átomos existentes na molécula da substância simples dissolvida é:

- 1
- 2
- 4
- 6
- 8

16. (UFMG – MODELO ENEM) – Dois recipientes abertos contêm: um, água pura (I) e, o outro, água salgada (II). Esses dois líquidos são aquecidos até a ebulição e, a partir desse momento, mede-se a temperatura do vapor desprendido. Considerando essas informações, assinale a alternativa cujo gráfico **melhor** representa o comportamento da temperatura em função do tempo durante a ebulição.



17. (UFPR) – Considere as três soluções aquosas abaixo, todas à pressão de 1 atm.

Solução A = solução 0,1 mol . L⁻¹ de glicose

Solução B = solução 0,1 mol . L⁻¹ de ácido nítrico

Solução C = solução 0,3 mol . L⁻¹ de nitrato de cálcio

Assinale a alternativa **incorreta**.

- A solução C é a que apresenta maior pressão de vapor.
- A solução A apresenta a menor temperatura de ebulição.
- A solução B apresenta uma temperatura de congelamento maior que a da solução C.
- Todas as soluções apresentam ponto de congelamento inferior a 0°C.
- Todas as soluções apresentam ponto de ebulição superior a 100°C.

18. (ENEM) – Quando definem moléculas, os livros geralmente apresentam conceitos como: “a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades”. A partir de definições desse tipo, a idéia transmitida ao estudante é a de que o constituinte isolado (moléculas) contém os atributos do todo.

É como dizer que uma molécula de água possui densidade, pressão de vapor, tensão superficial, ponto de fusão, ponto de ebulição, etc. Tais propriedades pertencem ao conjunto, isto é, manifestam-se nas relações que as moléculas mantêm entre si.

Adaptado de OLIVEIRA, R. J. *O Mito da Substância*. Química Nova na Escola, nº 1.

O texto evidencia a chamada visão substancialista que ainda se encontra presente no ensino da Química. Abaixo estão relacionadas algumas afirmativas pertinentes ao assunto.

- O ouro é dourado, pois seus átomos são dourados.
- Uma substância “macia” não pode ser feita de moléculas “rígidas”.
- Uma substância pura possui pontos de ebulição e fusão constantes, em virtude das interações entre suas moléculas.
- A expansão dos objetos com a temperatura ocorre porque os átomos se expandem.

Dessas afirmativas, estão apoiadas na visão substancialista criticada pelo autor apenas

- I e II.
- III e IV.
- I, II e III.
- I, II e IV.
- II, III e IV.

19. (FATEC-SP) – Dentre as soluções aquosas, relacionadas abaixo, todas 0,1 molal (0,1 mol/kg de H₂O):

I	II	III	IV
glicose	cloreto de sódio	nitrato de potássio	ácido acético

apresentam a mesma temperatura de ebulição:

- a II e a IV.
- a II e a III.
- a I e a II.
- a I e a III.
- a III e a IV.

20. (UEM-PR) – Assinale o que for correto.

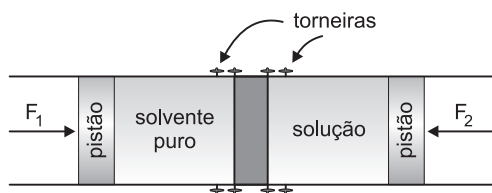
- Um líquido ferve (entra em ebulição) à temperatura na qual a pressão máxima de vapor se iguala (ou excede) à pressão exercida sobre sua superfície, ou seja, à pressão atmosférica.
- Tonoscopia ou tonometria é o estudo da diminuição da pressão máxima de vapor de um solvente, provocada pela adição de um soluto não volátil.
- À mesma temperatura, uma solução aquosa 0,01 mol/L de hidróxido de magnésio possui menor pressão de vapor do que uma solução aquosa 0,001 mol/L de hidróxido de sódio.
- Considerando que o álcool etílico possui uma pressão de vapor de 43,9mmHg (a 20°C) e o éter etílico de 442,2mmHg (a 20°C) pode-se afirmar que o álcool etílico é mais volátil.
- Crioscopia é o estudo do abaixamento do ponto de congelamento de uma solução, provocado somente pela presença de um soluto volátil.

Módulo 24 – Osmometria

1. (FEEPA-PA) – A pressão osmótica de uma solução, a 27 graus Celsius, obtida pela dissolução de 5,8g de cloreto de sódio em 1000mL de solução, admitindo-se que a dissociação do sal foi total, é igual a

- R = 0,082 atm . L/K . mol. Massa molar do NaCl: 58,5 g/mol
- 4,92 mm de Hg.
 - 4,92 cm de Hg.
 - 4,92 atm.
 - 4,92 Pa.
 - 2,46 atm.

(ITA-SP – MODELO ENEM) – Os testes 2 e 3 referem-se à conceituação e à medida da pressão osmótica para soluto molecular. Veja o esquema a seguir:



Este esquema representa dois cilindros. A membrana está rigidamente fixada às paredes laterais dos cilindros. Com auxílio das torneiras, enche-se um lado com solvente e o outro com solução. Nos extremos, os líquidos são limitados por pistões supostos ideais, isto é, eles são capazes de deslizar sem atrito contra as paredes e sem vazamento. F_1 e F_2 são forças mecânicas aplicadas por um agente externo sobre os pistões nos sentidos indicados. As paredes laterais dos cilindros são fixadas no laboratório. As pressões em jogo correspondem a $p_1 = F_1/S$ e $p_2 = F_2/S$, onde S é a área dos pistões.

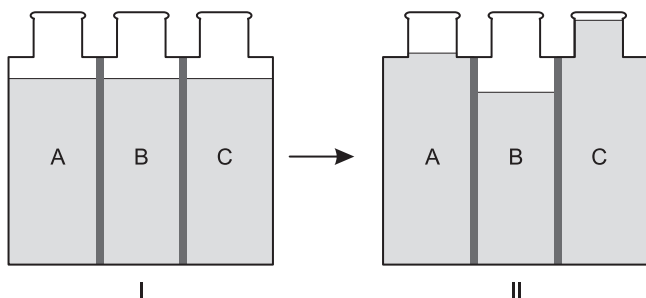
2. Para que a medida da pressão osmótica possa ser efetuada, é necessário que a membrana em jogo:

- seja permeável ao soluto e também permeável ao solvente;
- seja permeável ao soluto, mas impermeável ao solvente;
- seja impermeável ao soluto, mas permeável ao solvente;
- seja permeável ou ao soluto ou ao solvente, mas impermeável ao outro;
- seja parcialmente permeável ao soluto e parcialmente permeável ao solvente.

3. A medida de pressão osmótica consiste, essencialmente, em aplicar forças F_1 e F_2 , tais que os pistões permaneçam parados, isto é, os volumes nos dois compartimentos não variem com o tempo. Nestas condições de equilíbrio, tem-se que a pressão osmótica da solução corresponde ao valor de:

- p_2 , não importando o valor de p_1 ;
- p_1 , não importando o valor de p_2 ;
- $p_2 - p_1$, onde $p_2 > p_1$;
- $p_1 - p_2$, onde $p_1 > p_2$;
- $p_1 + p_2$.

4. **(UnB-DF)** – Os compartimentos A, B e C são iguais e separados por uma membrana permeável ao solvente. Em um dos compartimentos colocou-se água destilada e, nos outros, igual volume de soluções de cloreto de sódio (sistema I).



Após algum tempo os volumes iniciais se modificaram como ilustrado no sistema II. Use estas informações e outras que forem necessárias para julgar os itens:

- A alteração de volume se deve à osmose.
- A concentração inicial das soluções é a mesma.
- A água destilada foi colocada no compartimento B.
- A pressão osmótica em A é maior que em C.
- As soluções têm mesma pressão de vapor, a uma dada temperatura.

5. 18,0g de uma substância A são dissolvidos em água, dando 900 mL de solução não eletrolítica que, a 27°C, apresenta pressão osmótica igual a 1,23 atm. A massa molecular da substância A é:

- 36u
- 40u
- 136u
- 151u
- 400u

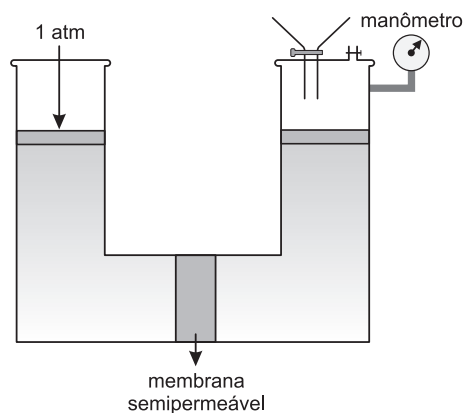
$$R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

6. **(UNESP-SP)** – Considere as pressões osmóticas, medidas nas mesmas condições, de quatro soluções que contêm 0,10 mol de cada soluto dissolvido em um litro de água:

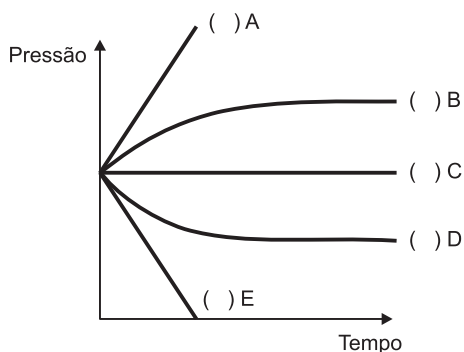
- p_1 – pressão osmótica da solução de NaCl
- p_2 – pressão osmótica da solução de MgCl_2
- p_3 – pressão osmótica da solução de glicose
- p_4 – pressão osmótica da solução de sacarose

- Estabeleça uma ordem crescente ou decrescente das pressões osmóticas das quatro soluções. Justifique a ordem proposta.
- Explique o que é osmose.

7. **(ITA-SP – MODELO ENEM)** – A aparelhagem esquematizada abaixo é mantida a 25°C. Inicialmente, o lado direito contém uma solução aquosa **um** molar em cloreto de cálcio, enquanto que o lado esquerdo contém uma solução aquosa **um décimo** molar do mesmo sal. Observe que a parte superior do lado direito é fechada depois da introdução da solução e é provida de um manômetro. No início de uma experiência, as alturas dos níveis dos líquidos nos dois ramos são iguais, conforme indicado na figura, e a pressão inicial no lado direito é igual a **uma** atmosfera.



Mantendo a temperatura constante, à medida que passa o tempo a pressão do ar confinado no lado direito irá se comportar de acordo com qual das curvas representadas na figura a seguir?



8. (UFSC) – Ao colocar-se uma célula vegetal normal, numa solução salina concentrada, observar-se-á que ela começará a “enrugar” e a “murchar”.

Sobre esse fenômeno, é correto afirmar:

- 01. a célula vegetal encontra-se num meio hipotônico em relação à sua própria concentração salina.
- 02. há uma diferença de pressão, dita osmótica, entre a solução celular e a solução salina do meio.
- 04. há um fluxo de solvente do interior da célula para a solução salina do meio.
- 08. quanto maior for a concentração da solução salina externa, **menor** será o fluxo de solvente da célula para o meio.
- 16. o fluxo de solvente ocorre através de membranas semipermeáveis.

9. Considere o texto abaixo.

“Se as células vermelhas do sangue forem removidas para um béquer contendo água destilada, haverá passagem da água para I das células.

Se as células forem colocadas numa solução salina concentrada, haverá migração da água para III das células com o II das mesmas.

As soluções projetadas para injeções endovenosas devem ter IV próximas às das soluções contidas nas células.”

Para completá-lo corretamente, I, II, III e IV devem ser substituídos, respectivamente, por:

- a) dentro – fora – enrugamento – pressões osmóticas
- b) fora – dentro – inchaço – condutividades térmicas
- c) dentro – fora – enrugamento – colorações
- d) fora – fora – enrugamento – temperaturas de ebulição
- e) dentro – dentro – inchaço – densidades

10. (UNICAMP-SP) – As informações contidas na tabela abaixo foram extraídas de rótulos de bebidas chamadas “energéticas”, muito comuns atualmente, e devem ser consideradas para a resolução da questão.

Cada 500 mL contêm	
Valor energético	140 CAL
Carboidratos (sacarose)	35g
Sais minerais	0,015 mol*
Proteínas	0g
Lipídeos	0g
*(valor calculado a partir do rótulo)	

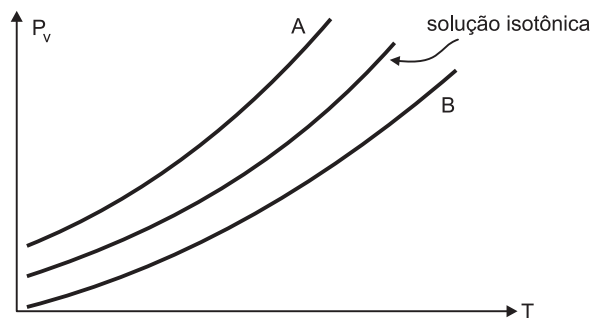
A pressão osmótica (π) de uma solução aquosa de íons e/ou de moléculas pode ser calculada por $\pi = M \times R \times T$. Esta equação é semelhante àquela dos gases ideais. M é a concentração, em mol/L, de partículas (íons e moléculas) presentes na solução. O processo de osmose que ocorre nas células dos seres vivos, inclusive nas do ser humano, deve-se, principalmente, à existência da pressão osmótica. Uma solução aquosa 0,15 mol/L de NaCl é chamada de isotônica em relação às soluções contidas nas células do homem, isto é, apresenta o mesmo valor de pressão osmótica que as células do corpo humano. Com base nessas informações e admitindo $R = 8,3 \text{ kPa} \times \text{litro/mol} \times \text{K}$:

- a) Calcule a pressão osmótica em uma célula do corpo humano, no qual a temperatura é 37°C .
- b) A bebida do rótulo é isotônica em relação às células do corpo humano? Justifique. Considere que os sais adicionados são constituídos apenas por cátions e ânions monovalentes. Massa molar da sacarose = 342 g/mol

11. (UFRJ) – As hemácias apresentam mesmo volume, quando estão no sangue ou em solução aquosa de NaCl 9g/L (solução isotônica).

No entanto, quando as hemácias são colocadas em solução aquosa de NaCl mais diluída (solução hipotônica), elas incham, podendo até arrebentar. Esse processo chama-se **hemólise**.

O gráfico a seguir apresenta curvas da pressão de vapor (P_v), em função da temperatura (T), para soluções aquosas de diferentes concentrações de NaCl.



- a) Qual das curvas representa a solução de NaCl que pode ser usada para o processo de hemólise? Justifique sua resposta, utilizando a propriedade coligativa adequada.
- b) Com o objetivo de concentrar 2 litros da solução isotônica, evaporam-se, cuidadosamente, 10% de seu volume. Determine a concentração, em g/L, da solução resultante.

12. (ITA-SP) – Considere três frascos contendo, respectivamente, soluções aquosas com concentração $1 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ de: I. KCl; II. NaNO₃; III. AgNO₃; Com relação à informação acima, qual das seguintes opções contém a afirmação correta?

- a) 100mL da solução I apresentam o dobro da condutividade elétrica específica do que 50 mL desta mesma solução.
- b) O líquido obtido, misturando-se volumes iguais de I com II, apresenta o mesmo “abaixamento de temperatura inicial de solidificação” do que o obtido, misturando-se volumes iguais de I com III.

- c) Aparece precipitado tanto misturando-se volumes iguais de I com II, como misturando volumes iguais de II com III.
- d) Misturando-se volumes iguais de I e II, a pressão osmótica da mistura final é a metade da pressão osmótica das soluções de partida.
- e) Misturando-se volumes iguais de I e III, a condutividade elétrica específica cai a aproximadamente metade da condutividade elétrica específica das soluções de partida.

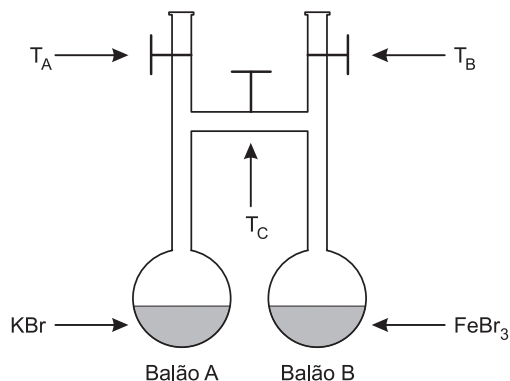
13. (PUC-SP – MODELO ENEM) – Os medicamentos designados A, B, C e D são indicados para o tratamento de um paciente. Adicionando-se água a cada um desses medicamentos, obtiveram-se soluções que apresentaram as seguintes propriedades.

	Soluções de:
Solúveis no sangue	A, B, C
Iônicas	A, B
Moleculares	C, D
Pressão osmótica igual à do sangue	A, C
Pressão osmótica maior que a do sangue	B, D

Assinale a alternativa que só contém os medicamentos que poderiam ser injetados na corrente sanguínea sem causar danos.

- a) A, B, C e D
- b) A, B e D
- c) B, C e D
- d) B e D
- e) A e C

14. (ITA-SP) – Na figura a seguir, o balão A contém 1 litro de solução aquosa 0,2 mol/L em KBr, enquanto o balão B contém 1 litro de solução aquosa 0,1 mol/L de FeBr_3 . Os dois balões são mantidos na temperatura de 25°C . Após a introdução das soluções aquosas de KBr e de FeBr_3 , as torneiras T_A e T_B são fechadas, sendo aberta a torneira T_C .



As seguintes afirmações são feitas a respeito do que será observado após o estabelecimento do equilíbrio.

- I. A pressão osmótica das duas soluções será a mesma.
- II. A pressão de vapor da água será igual nos dois balões.
- III. O nível do líquido no balão A será maior do que o inicial.
- IV. A concentração da solução aquosa de FeBr_3 no balão B será maior do que a inicial.
- V. A molaridade do KBr na solução do balão A será igual à molaridade do FeBr_3 no balão B.

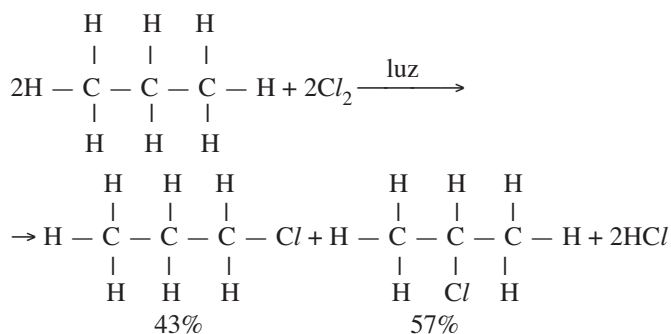
Qual das opções abaixo contém apenas as afirmações corretas?

- a) I e II.
- b) I, III e IV.
- c) I, IV e V.
- d) II e III.
- e) II, III, IV e V.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Módulo 19 – Reações Orgânicas I:
Substituição em Alcanos e Aromáticos

1. **(MODELO ENEM)** – Alcanos reagem com cloro, em condições apropriadas produzindo alcanos monoclorados, por substituição de átomos de hidrogênio por átomos de cloro. A reação do propano com cloro gasoso, em presença de luz, produz dois compostos monoclorados com os seguintes rendimentos percentuais:



Considerando os rendimentos percentuais de cada produto e o número de átomos de hidrogênio de mesmo tipo (primário ou secundário), presentes no alcano acima, pode-se concluir que um átomo de hidrogênio secundário é x vezes mais reativo do que um átomo de hidrogênio primário. O valor aproximado de x é

- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

Resolução

Reatividade de um átomo de hidrogênio primário:

$$\begin{array}{l}
 6\text{H} \text{ ————— } 43\% \\
 1\text{H} \text{ ————— } a \\
 \phantom{1\text{H}} > a = 7,17\%
 \end{array}$$

Reatividade de um átomo de hidrogênio secundário:

$$\begin{array}{l}
 2\text{H} \text{ ————— } 57\% \\
 1\text{H} \text{ ————— } b \\
 \phantom{1\text{H}} > b = 28,5\%
 \end{array}$$

Valor de x :

$$b = x \cdot a \therefore 28,5\% = x \cdot 7,17\%$$

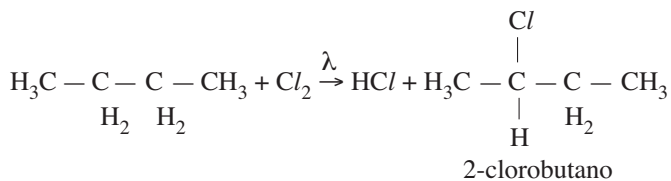
$$x = 3,97 \therefore x \approx 4$$

Resposta: D

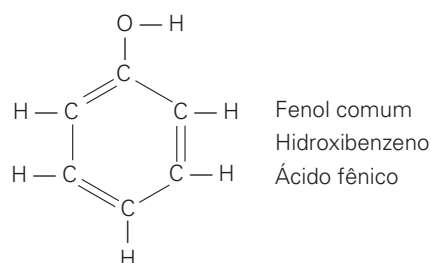
2. Qual o principal composto formado na reação entre 1 mol de butano e 1 mol de cloro? Explique por quê.

Resolução

Nas reações de substituição, a ordem de reatividade dos átomos de carbono é $3^\circ > 2^\circ > 1^\circ$. Logo, teremos, principalmente, a reação:



3. **(MODELO ENEM)** – Os fenóis são compostos orgânicos que apresentam o grupo hidroxila ($-\text{O}-\text{H}$) ligado diretamente a carbono de núcleo benzênico.



Os fenóis são muito usados na indústria, na fabricação de perfumes, resinas, vernizes, tintas, adesivos, cosméticos, corantes e explosivos. Possuem ação bactericida, pois promovem a coagulação de proteínas de micro-organismos (bactérias e fungos). O uso do fenol para assepsia foi proibido, pois é corrosivo (causa queimaduras em contato com a pele) e venenoso quando ingerido.

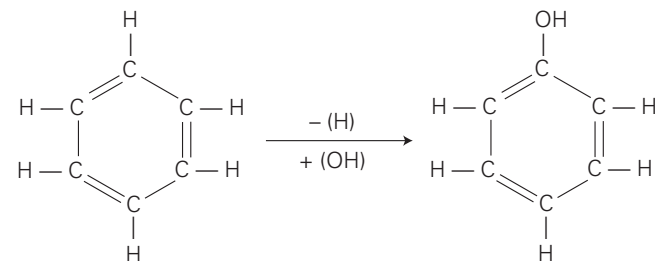
Fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) é encontrado na urina de pessoas expostas a ambientes poluídos por benzeno (C_6H_6).

Na transformação do benzeno em fenol, ocorre

- substituição no anel aromático.
- quebra na cadeia carbônica.
- rearranjo no anel aromático.
- formação de cicloalcano.
- polimerização.

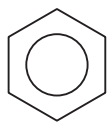
Resolução

Um átomo de hidrogênio do benzeno é substituído pela hidroxila ($-\text{O}-\text{H}$).



Resposta: A

4. (UNESP) – A discussão sobre a estrutura do benzeno, em meados do século XIX, gerou uma diversidade de propostas para a estrutura da molécula de C_6H_6 , algumas das quais se encontram representadas a seguir:



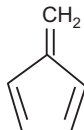
benzeno de Kekulé



prismano



benzeno de Dewar



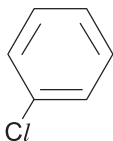
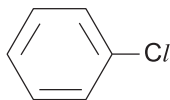
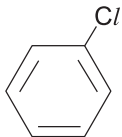
fulveno

Sabendo-se que, quando o benzeno reage com o cloro, forma-se um único produto (monoclorobenzeno), quais das estruturas apresentadas não atendem a esse requisito? Justifique apresentando as estruturas possíveis para os produtos da monocloração desses compostos.

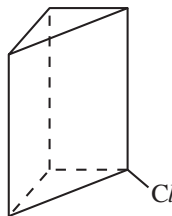
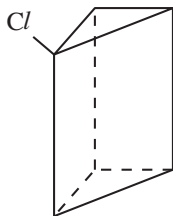
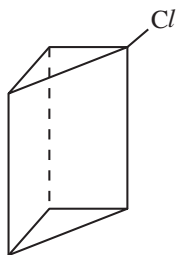
Resolução

A reação de monocloração é uma reação de substituição do composto orgânico com o cloro (Cl_2), na qual ocorre a substituição de um átomo de hidrogênio por um átomo de cloro. No caso do benzeno de Kekulé, há a formação de um único produto, o monoclorobenzeno, portanto, os seis átomos de carbono são equivalentes.

Observe que na monocloração do benzeno de Kekulé, as estruturas a seguir são equivalentes:

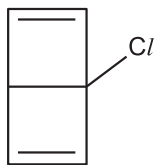
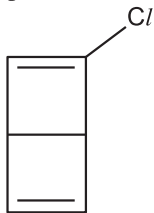


No caso do prismano, há a formação de um único produto monoclorado, pois os seis átomos do carbono são equivalentes

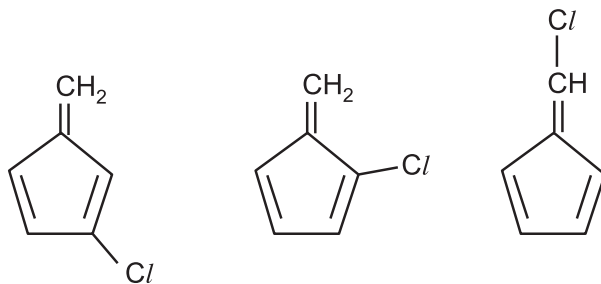


Todas estas estruturas são equivalentes.

No caso do benzeno de Dewar, há duas possibilidades para a substituição, portanto, há duas estruturas possíveis.



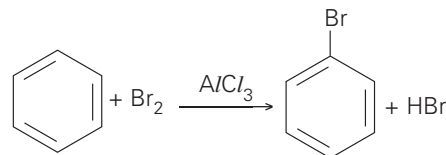
No caso do fulveno, há três possibilidades para substituição do hidrogênio pelo cloro, portanto, há três estruturas possíveis.



Logo, as estruturas que não atendem ao requisito de formar um único produto monoclorado são o benzeno de Dewar e o fulveno.

Módulo 20 – Dirigência dos Grupos

5. (PUC-SP – MODELO ENEM) – Em condições reacionais apropriadas, o benzeno sofre reação de substituição.

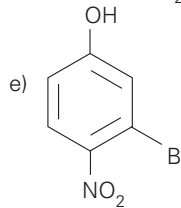
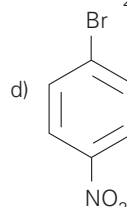
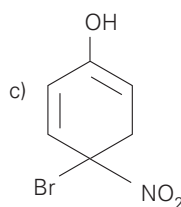
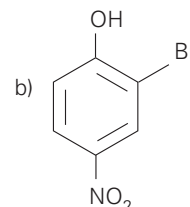
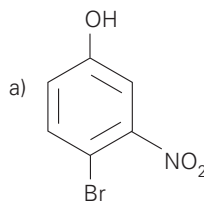


Grupos ligados ao anel benzênico interferem na sua reatividade. Alguns grupos tornam as posições *orto* e *para* mais reativas para reações de substituição e são chamados *orto* e *paradirigentes*, enquanto outros grupos tornam a posição *meta* mais reativa, sendo chamados de *metadirigentes*.

Grupos *orto* e *paradirigentes*: $-Cl$, $-Br$, $-NH_2$, $-OH$

Grupos *metadirigentes*: $-NO_2$, $-COOH$, $-SO_3H$

Considerando as informações acima, o principal produto da reação do 4-nitrofenol com bromo (Br_2) na presença do catalisador $AlCl_3$ é

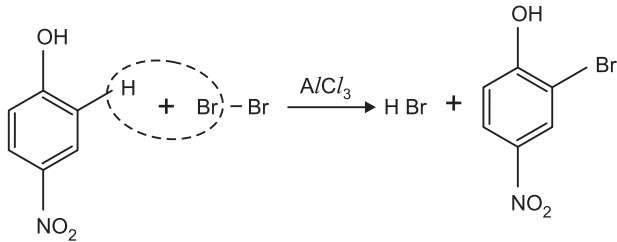


Resolução

O grupo $(-O-H)$ é *orto* e *paradirigente* e o grupo nitro

$(-N=O)$ é *metadirigente*. Portanto, o principal produto da

reação é o seguinte:



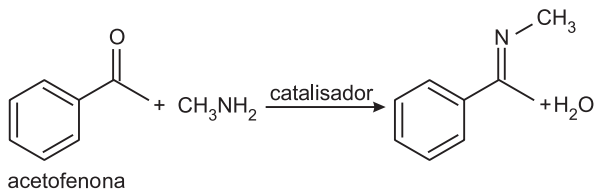
O átomo de Br entrou na posição *orto* em relação à hidroxila e *meta*, em relação ao grupo nitro.

Resposta: B

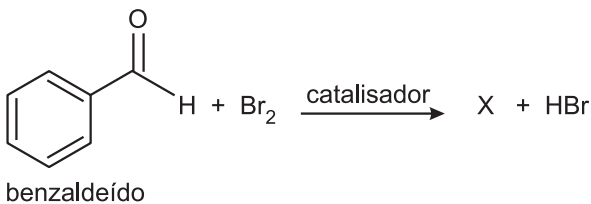
6. (UNIFESP) – Na indústria química, aldeídos e cetonas são empregados como solventes e matérias-primas para síntese de outros produtos orgânicos. Algumas substâncias dessas classes de compostos apresentam odores bastante agradáveis, sendo usadas em perfumaria e como agentes aromatizantes em alimentos. Entre elas, há a acetofenona, com odor de pistácio, e o benzaldeído, com odor de amêndoas.

Dadas as reações:

I. Formação de uma imina com 80% de rendimento de reação.



II. Formação de um único produto orgânico X na reação de bromação.



a) Determine a massa de imina produzida a partir de 1 mol de acetofenona.

b) Dê a fórmula estrutural do composto orgânico X, sabendo-se que a reação é de substituição aromática.

Dado: Massas molares em g/mol: H: 1,01; C: 12,0; N: 14,0.

Resolução

a) imina: $C_9H_{11}N$ $M = 133,11\text{g/mol}$

Pela equação química fornecida, temos:

acetofenona ————— imina

1 mol ————— 1 mol (rendimento 100%)

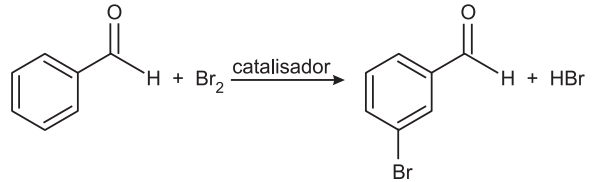
1 mol ————— 0,8 mol (rendimento 80%)

1 mol ————— $0,8 \cdot 133,11\text{g}$

massa de imina formada $\approx 106,49\text{g}$

b) O grupo $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ é *metadirigente*, portanto a substituição

ocorrerá na posição *meta*



7. A reação de monocloração do ácido benzenossulfônico produz

a) 2-clorobenzenossulfônico.

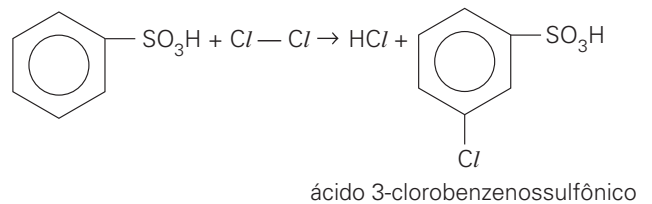
b) 3-clorobenzenossulfônico.

c) 4-clorobenzenossulfônico.

d) 2,4-diclorobenzenossulfônico.

Resolução

O grupo $-\text{SO}_3\text{H}$ é *metadirigente*:



Resposta: B

8. A monocloração da fenilamina (anilina) produz

a) somente 2-cloroanilina;

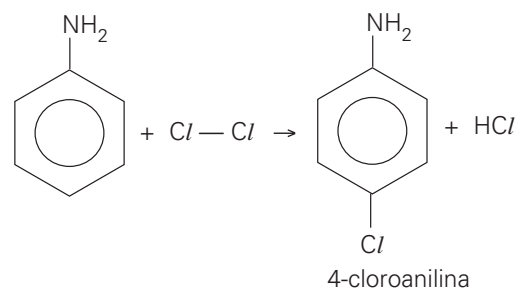
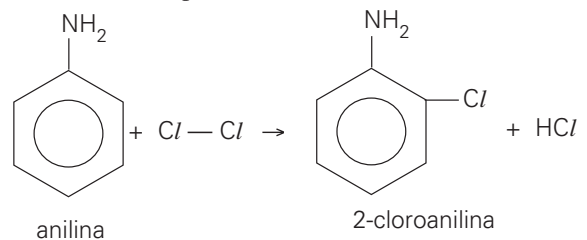
b) somente 3-cloroanilina;

c) somente 4-cloroanilina;

d) mistura de 2-cloroanilina e 4-cloroanilina.

Resolução

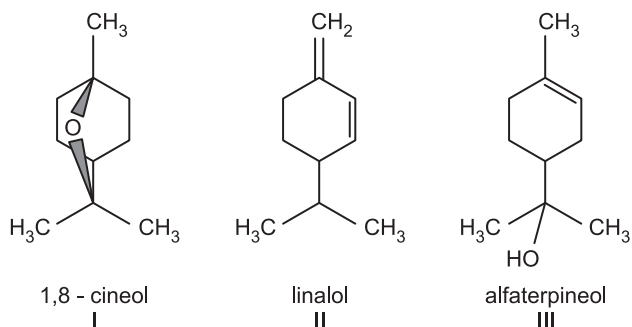
O grupo $-\text{NH}_2$ é *orto* e *paradirigente*. Logo, temos uma mistura de dois compostos:



Resposta: D

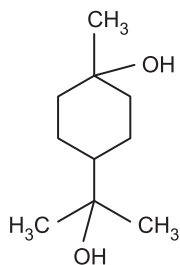
Módulo 21 – Reação de Adição em Compostos Insaturados

9. (UNESP-MODIFICADO – MODELO ENEM) – O que ocorreu com a seringueira, no final do século XIX e início do XX, quando o látex era retirado das árvores nativas sem preocupação com o seu cultivo, ocorre hoje com o pau-rosa, árvore típica da Amazônia, de cuja casca se extrai um óleo rico em linalol, fixador de perfumes cobiçado pela indústria de cosméticos. Diferente da seringueira, que explorada racionalmente pode produzir látex por décadas, a árvore do pau-rosa precisa ser abatida para a extração do óleo da casca. Para se obter 180 litros de essência de pau-rosa, são necessárias de quinze a vinte toneladas dessa madeira, o que equivale à derrubada de cerca de mil árvores. Além do linalol, outras substâncias constituem o óleo essencial de pau-rosa, entre elas:



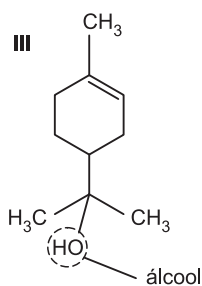
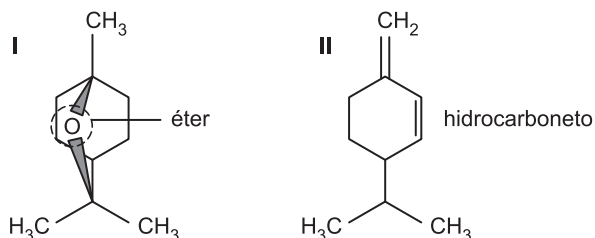
Considerando as fórmulas estruturais das substâncias I, II e III, pode-se afirmar que

- a substância I é uma cetona.
- a substância II é um hidrocarboneto aromático.
- a substância III é um aldeído.
- o produto da adição de 1 mol de água, em meio ácido, também conhecida como reação de hidratação, à substância III tem a estrutura:

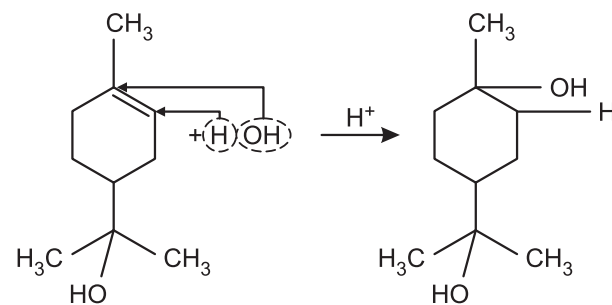


- a substância II não apresenta reação de adição.

Resolução



A reação de hidratação da substância alfa-terpineol é:



Resposta: D

10. (FUVEST-SP) – Uma mesma olefina pode ser transformada em alcoóis isoméricos por dois métodos alternativos:

Método A: Hidratação catalisada por ácido
Método B: Hidroboração:
No caso de preparação dos alcoóis:

e com base nas informações fornecidas (método A e método B), dê a fórmula estrutural da olefina a ser utilizada e o método que permite preparar

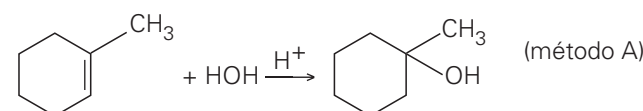
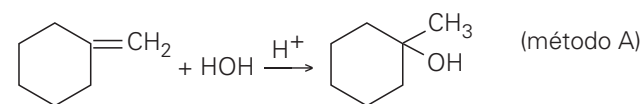
- o álcool I.
- o álcool II.

Para os itens a e b, caso haja mais de uma olefina ou mais de um método, cite-os todos.

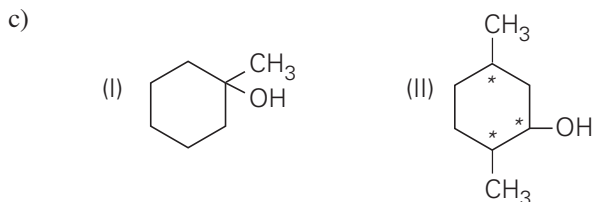
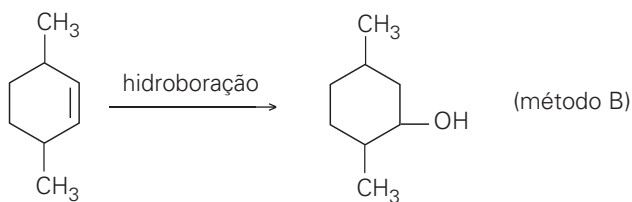
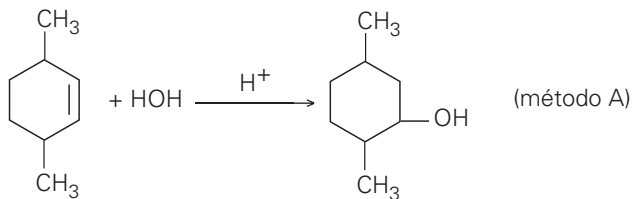
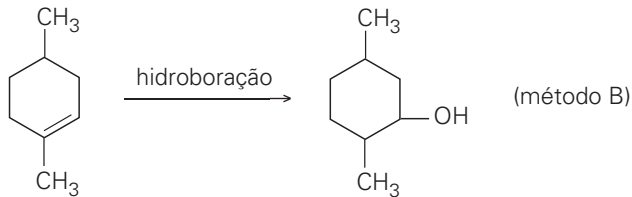
- Copie, na folha de respostas, as fórmulas estruturais dos alcoóis I e II e, quando for o caso, assinale com asteriscos os carbonos assimétricos.

Resolução

a) Para a produção do álcool I, podemos usar as olefinas



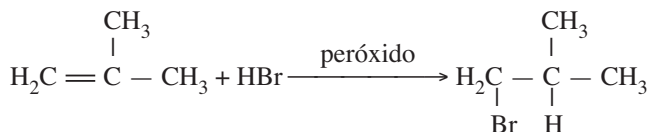
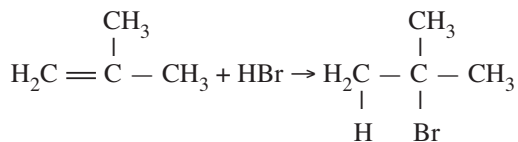
b) Para a produção do álcool II, podemos usar as olefinas



Nota: método A: o grupo OH entra no C menos hidrogenado da dupla.

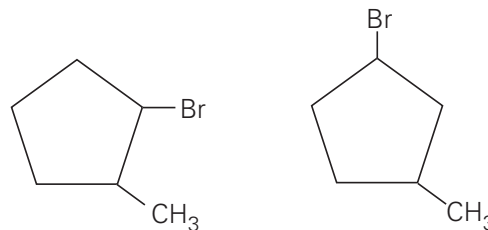
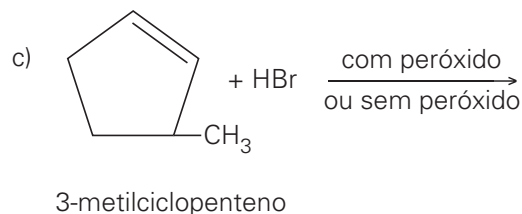
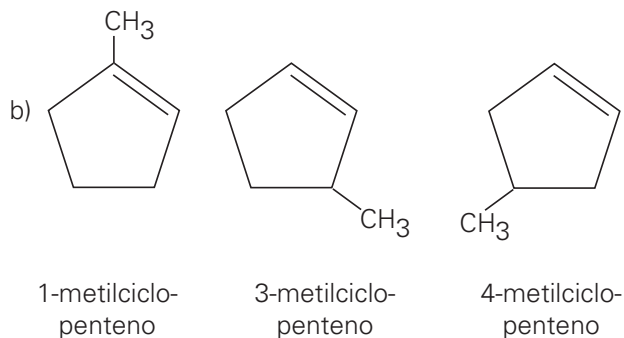
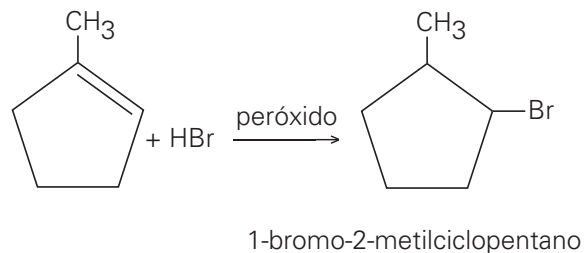
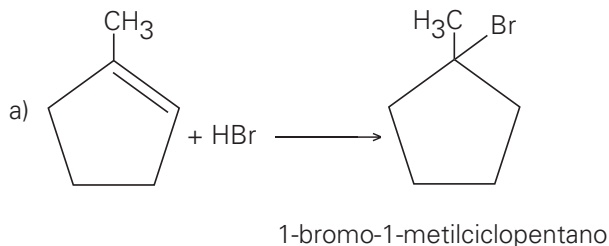
método B: o grupo OH se adiciona no C mais hidrogenado da dupla.

11. (FUVEST-SP) – A adição de HBr a um alceno pode conduzir a produtos diferentes caso, nessa reação, seja empregado o alceno puro ou o alceno misturado a uma pequena quantidade de peróxido.



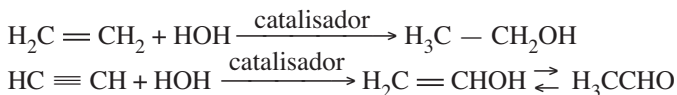
- O 1-metilciclopenteno reage com HBr de forma análoga. Escreva, empregando fórmulas estruturais, as equações que representam a adição de HBr a esse composto na presença e na ausência de peróxido.
- Dê as fórmulas estruturais dos metilciclopentenos isoméricos (isômeros de posição).
- Indique o metilciclopenteno do item b que forma, ao reagir com HBr, quer na presença, quer na ausência de peróxido, uma mistura de metilciclopentanos monobromados que são isômeros de posição. Justifique.

Resolução



O 1-metilciclopenteno puro produz 1-bromo-1-metilciclopentano e misturado com peróxido produz 1-bromo-2-metilciclopentano. O 4-metilciclopenteno, na presença ou ausência de peróxido, forma o mesmo composto (1-bromo-3-metilciclopentano).

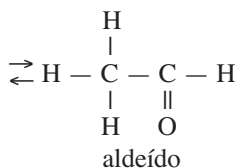
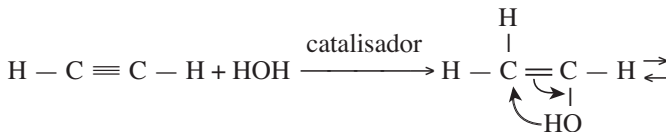
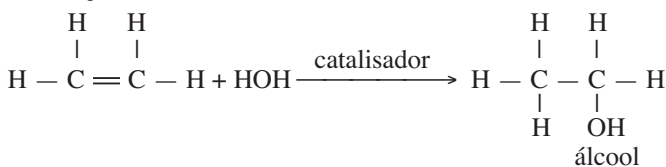
12. **(MODELO ENEM)** – Frutas, quando colocadas em recinto fechado e tratadas com etileno ($H_2C = CH_2$) ou acetileno ($HC \equiv CH$) gasosos, têm seu processo de amadurecimento acelerado. Tanto o acetileno como o etileno adicionam água na presença de catalisador.



Com relação a essas reações, pode-se afirmar que

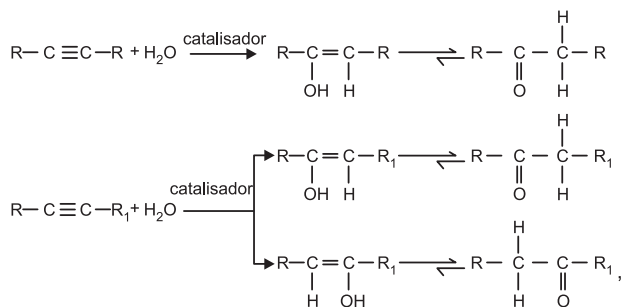
- ambos produzem composto pertencente à função álcool.
- ambos produzem composto pertencente à função aldeído.
- a hidratação do etileno forma aldeído.
- a hidratação do acetileno produz álcool.
- a hidratação do acetileno forma aldeído.

Resolução



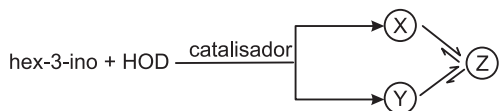
Resposta: E

13. **(FUVEST-SP)** – A reação de hidratação de alguns alcinos pode ser representada por



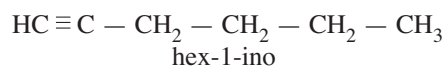
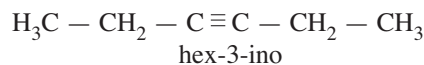
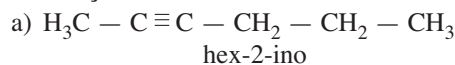
em que R e R₁ são dois grupos alquila diferentes.

- Escreva as fórmulas estruturais dos isômeros de fórmula C₆H₁₀ que sejam hexinos de cadeia aberta e não ramificada.
- A hidratação de um dos hexinos do item anterior produz duas cetonas diferentes, porém isoméricas. Escreva a fórmula estrutural desse alcino e as fórmulas estruturais das cetonas assim formadas.
- A hidratação do hex-3-ino (3-hexino) com água monodeuterada (HOD) pode ser representada por:

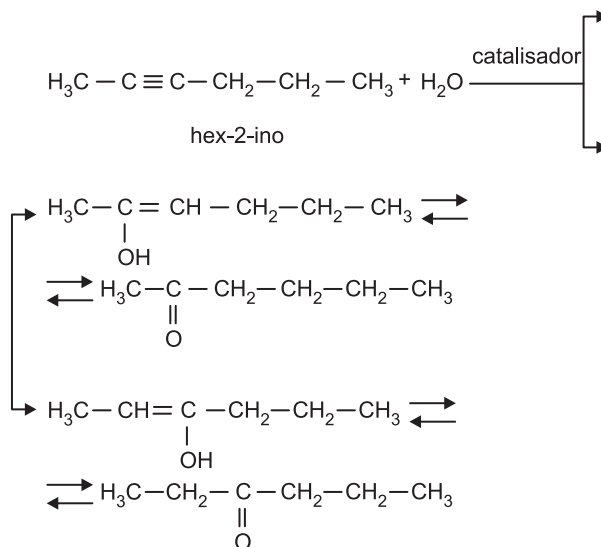


Escreva as fórmulas estruturais de **(X)**, **(Y)** e **(Z)**. Não considere a existência de isomeria cis-trans.

Resolução

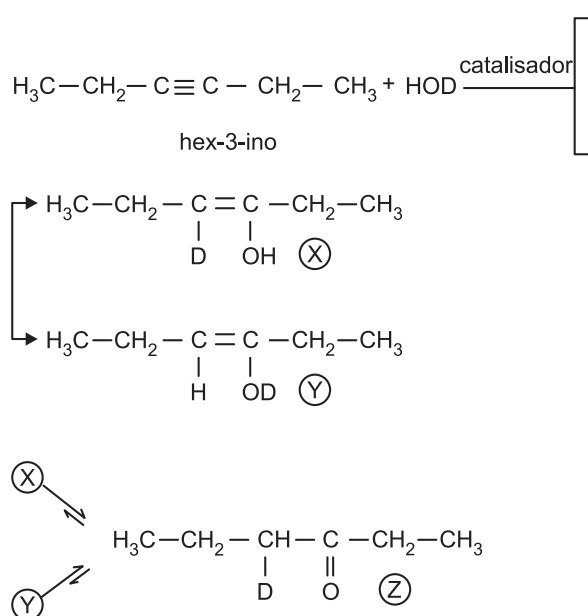


b)



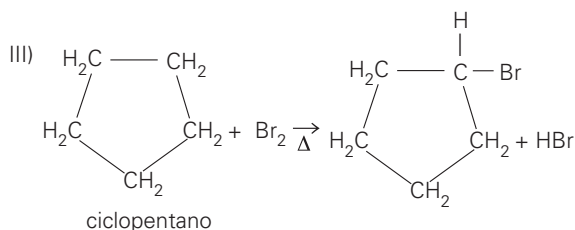
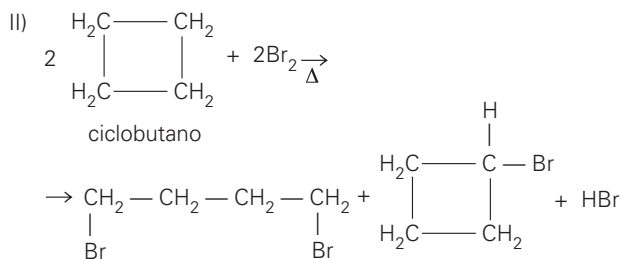
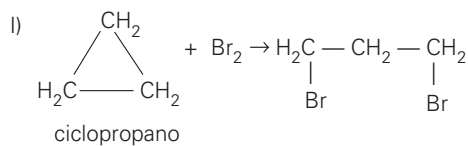
Observação: O hex-3-ino não forma cetonas isoméricas, já que o produto, neste caso, seria o mesmo. Já o hex-1-ino produz aldeído e cetona.

c)


















Módulo 22 – Reatividade de Compostos Cíclicos

14. (MODELO ENEM) – Cicloalcanos sofrem reação de bromação, conforme mostrado a seguir:

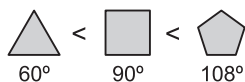


Considerando os produtos formados em I, II e III, em ordem crescente de estabilidade dos anéis com três, quatro e cinco átomos de carbono, temos:

- a)  <  <  d)  <  < 
- b)  <  <  e)  <  < 
- c)  <  < 

Resolução

A estabilidade cresce na ordem: anel com 3C < anel com 4C < anel com 5C



Nessa ordem, o ângulo de ligação vai-se aproximando do valor mais estável (109°28'). Tal fato é comprovado pelas reações dadas.

Resposta: C

A tabela abaixo serve para as questões de 15 a 17.

Compostos	Ângulo entre as ligações (segundo Baeyer)
Ciclopropano	60°
Ciclobutano	90°
Ciclopentano	108°
Ciclo-hexano	120°

15. Segundo Baeyer, encontraríamos maior facilidade de adição no

- a) ciclopropano b) ciclobutano
 c) ciclopentano d) ciclo-hexano

Resolução

Ciclopropano é o mais reativo, menos estável, pois apresenta um ângulo interno de 60°.

Resposta: A

16. Segundo a teoria de Baeyer, o composto mais estável deveria ser o

- a) ciclopropano b) ciclobutano
 c) ciclopentano d) ciclo-hexano

Resolução

Seria o ciclopentano, que, segundo ele, apresenta o ângulo mais estável (108°), isto é, mais próximo de 109°28'.

Resposta: C

17. Na realidade, o mais estável é

- a) ciclopropano b) ciclobutano
 c) ciclopentano d) ciclo-hexano

Resolução

É o ciclo-hexano, que apresenta forma espacial, tendo o ângulo de 109°28' entre suas ligações.

Resposta: D

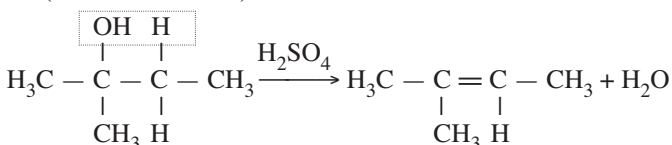
Módulo 23 – Esterificação, Saponificação e Eliminação

18. Entre as substâncias abaixo, a que mais facilmente se desidrata é:

- a) butanona b) 1-butanol
 c) 2-butanol d) 2-metil-2-butanol

Resolução

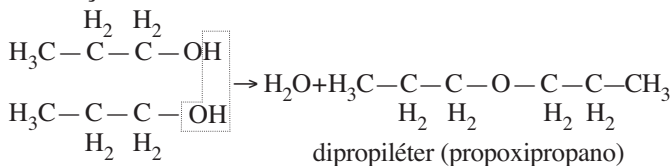
O álcool que mais facilmente sofre desidratação é o terciário (2-metil-2-butanol).



Resposta: D

19. Qual o produto formado na desidratação intermolecular do 1-propanol?

Resolução



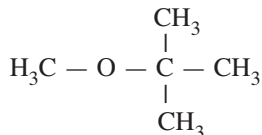
20. (UNESP) – O tercbutilmetiléter, agente antidetonante da gasolina, pode ser obtido pela reação de condensação entre dois alcoóis, em presença de ácido sulfúrico.

Escreva:

- A fórmula estrutural do éter.
- As fórmulas estruturais e os nomes oficiais dos alcoóis que formam o éter por reação de condensação.

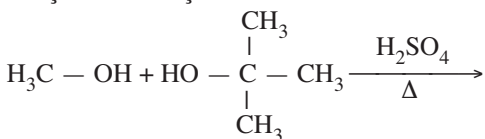
Resolução

a) Fórmula estrutural do éter



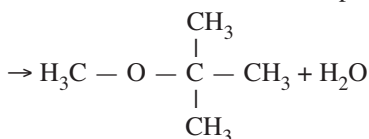
b) Os alcoóis que formam o tercbutilmetiléter são: metanol e 2-metil-2-propanol.

Reação de obtenção do éter:

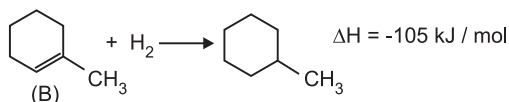
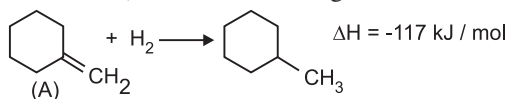


metanol

2-metil-2-propanol



21. (FUVEST-SP) – Considere os seguintes dados:



a) Qual dos alcenos (A ou B) é o mais estável? Justifique. Neste caso, considere válido raciocinar com entalpia.

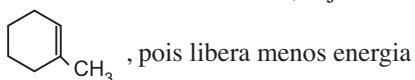
A desidratação de alcoóis, em presença de ácido, pode produzir uma mistura de alcenos, em que predomina o mais estável.

b) A desidratação do álcool $\begin{array}{c} \text{HO} \quad \text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{C}_6\text{H}_{10} \end{array}$, em presença de ácido,

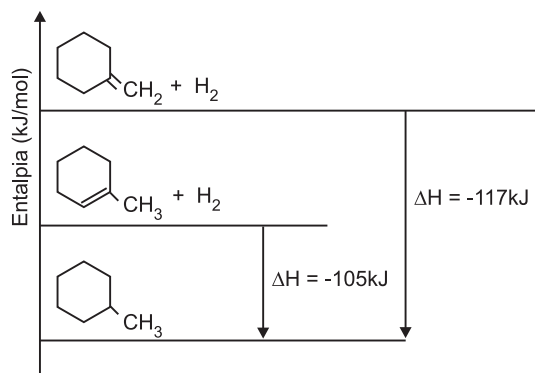
produz cerca de 90% de um determinado alceno. Qual deve ser a fórmula estrutural desse alceno? Justifique.

Resolução

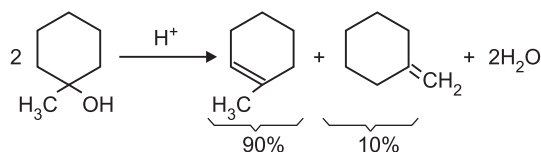
a) O alceno mais estável é o B, cuja fórmula é



($\Delta H = -105 \text{ kJ/mol}$) que o alceno A ($\Delta H = -117 \text{ kJ/mol}$). O alceno B possui menor conteúdo energético que o alceno A.

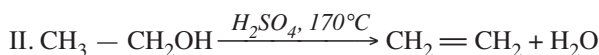
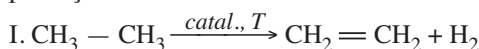


b) O “alceno” formado em maior proporção é o mais estável, no caso o composto B. De acordo com a equação química a seguir:



22. (FGV-SP – MODELO ENEM) – Muitas frutas são colhidas ainda verdes, para que não sejam danificadas durante o seu transporte. São deixadas em armazéns refrigerados até o momento de sua comercialização, quando são colocadas em um local com gás eteno por determinado período, para que o seu amadurecimento ocorra mais rapidamente.

As reações I e II representam dois métodos diferentes na produção de eteno.



Dado: $R = 0,082 \text{ atm.L.K}^{-1} . \text{mol}^{-1}$

As reações I e II são denominadas, respectivamente,

- desidrogenação e desidratação intramolecular.
- desidrogenação e desidratação intermolecular.
- desidrogenação e adição.
- eliminação e hidratação intramolecular.
- eliminação e hidratação intermolecular.

Resolução

A reação I corresponde a uma *desidrogenação*, pois houve eliminação de 2 mols de átomos de hidrogênio.

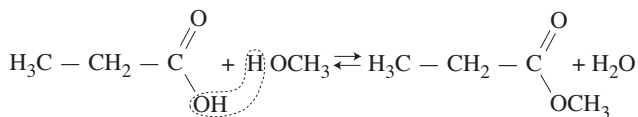
A reação II corresponde a uma *desidratação intramolecular*, pois o álcool é transformado em alceno.

Resposta: A

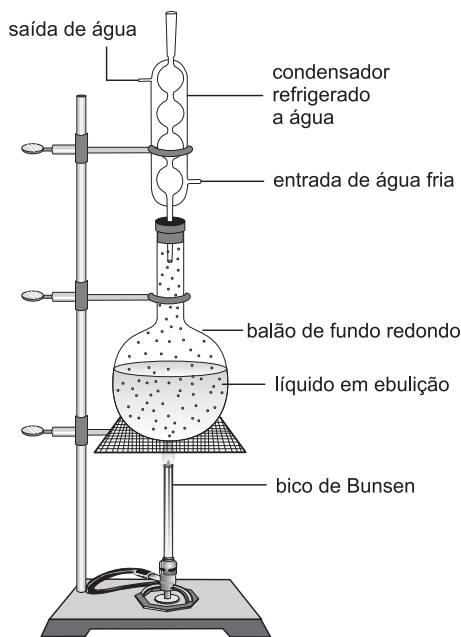
23. (ITA-SP) – Descreva como se prepara propionato de metila em um laboratório de química. Indique a aparelhagem e as matérias-primas que são utilizadas. Também mencione como a reação pode ser acelerada e como o seu rendimento pode ser aumentado.

Resolução

O propionato de metila (éster) é obtido através da reação entre o ácido propanoico e o metanol, de acordo com a equação a seguir:



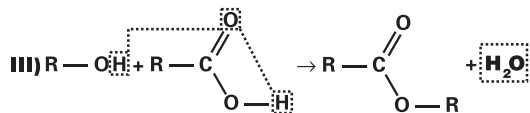
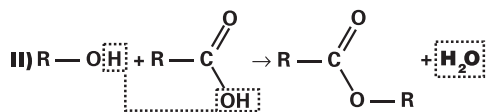
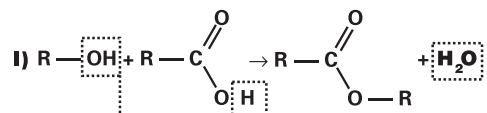
Essa reação é feita usando um refluxo (condensador) para evitar perda por evaporação dos reagentes e produtos.



A reação pode ser acelerada pela adição de catalisador (ácido, por exemplo), aumento da temperatura ou aumento da concentração de um dos reagentes (ácido ou metanol).

O rendimento da reação pode ser aumentado pela adição de um agente desidratante (exemplo H_2SO_4), que diminui a concentração de H_2O , deslocando o equilíbrio para a direita ou por aumento da concentração dos reagentes.

24. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Utilizando oxigênio marcado no ácido utilizado numa reação de esterificação, verificou-se a formação de água com oxigênio marcado. A partir deste dado, conclui-se que a reação ocorre conforme:



Estão corretas:

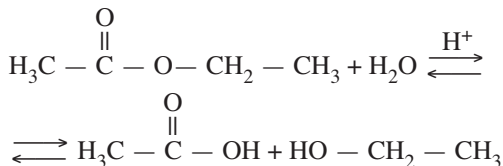
- a) somente I b) somente II c) somente III
d) I e II e) I e III

Resolução

Observe na alternativa II que o oxigênio do ácido foi parar na água.

Resposta: B

25. (UFSCar-SP – MODELO ENEM) – O aroma e o sabor da maçã se devem a várias substâncias químicas diferentes. Na fabricação de balas e gomas de mascar com “sabor de maçã”, os químicos tentam imitar o aroma e sabor desses compostos. Uma das substâncias utilizadas para este fim é o acetato de etila. Uma equação química envolvendo o acetato de etila pode ser escrita como:



Podemos classificar essa reação no sentido direto como sendo de:

- a) neutralização total de um éter.
b) hidrólise básica de um éster.
c) hidrólise ácida de um éster.
d) saponificação.
e) oxidação de um éter.

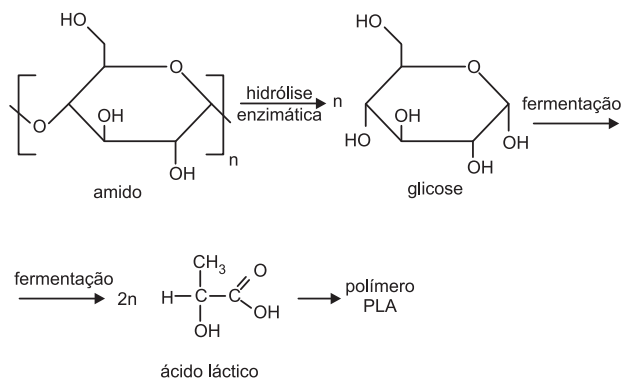
Resolução

A equação química representa a hidrólise ácida (H^+) do acetato de etila (éster), formando ácido acético e álcool etílico.

Resposta: C

26. (FUVEST-SP) – O endosperma do grão de milho armazena amido, um polímero natural. A hidrólise enzimática do amido produz glicose.

- a) Em que fase do desenvolvimento da planta, o amido do grão de milho é transformado em glicose?
b) Cite o processo celular em que a glicose é utilizada. O amido de milho é utilizado na produção industrial do polímero biodegradável PLA, conforme esquematizado:

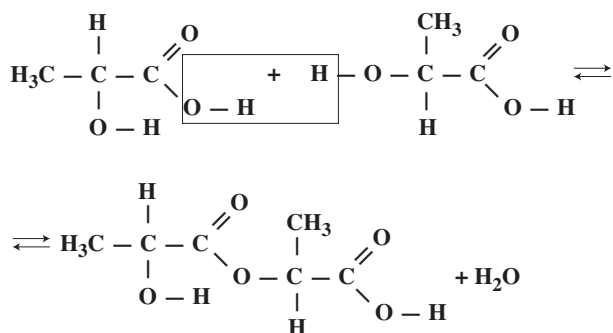


O PLA é um poliéster, no qual moléculas de ácido láctico se uniram por sucessivas reações de esterificação.

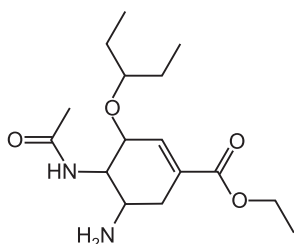
- c) Escreva a equação química balanceada que representa a reação de esterificação entre duas moléculas de ácido láctico.

Resolução

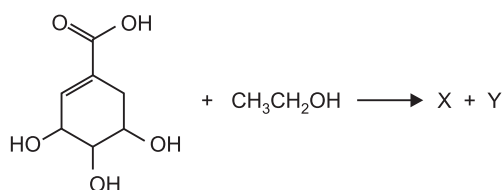
- a) As reservas encontradas no endosperma são hidrolisadas durante a *germinação da semente*. Assim sendo, a glicose produzida será utilizada como fonte de energia para o crescimento do embrião.
b) A glicose, como fonte de energia, será utilizada durante a *respiração celular*.
c) Na reação entre duas moléculas de ácido láctico, ocorre a esterificação com a formação de um composto de função mista álcool-éster-ácido carboxílico e água.



27. (UNIFESP) – O medicamento utilizado para o tratamento da gripe A (gripe suína) durante a pandemia em 2009 foi o fármaco antiviral fosfato de oseltamivir, comercializado com o nome Tamiflu®. A figura representa a estrutura química do oseltamivir.



Uma das rotas de síntese do oseltamivir utiliza como reagente de partida o ácido siquímico. A primeira etapa dessa síntese é representada na equação:

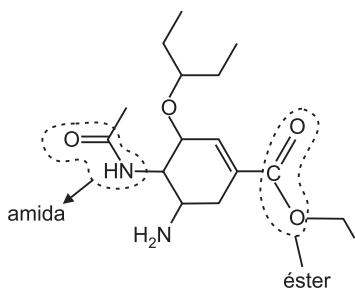


- Na estrutura do oseltamivir, identifique as funções orgânicas que contêm o grupo carbonila.
- Apresente a estrutura do composto orgânico produzido na reação do ácido siquímico com o etanol.

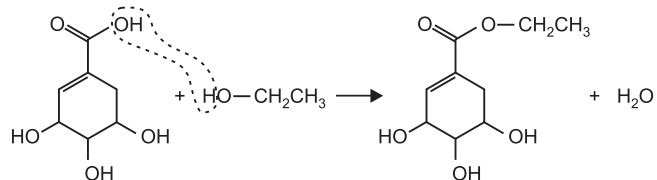
Resolução

- As funções orgânicas que contêm o grupo carbonila

($\text{C}=\text{O}$) são:

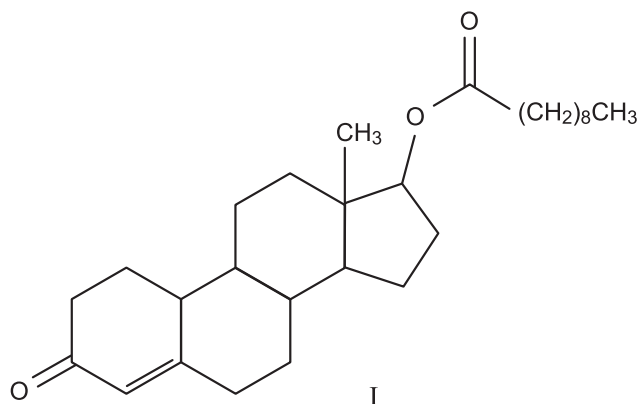


- A reação do ácido siquímico com etanol é uma reação de esterificação:



28. (UNICAMP-SP) – Um dos pontos mais polêmicos na Olimpíada de Beijing foi o *doping*. Durante os jogos foram feitos aproximadamente 4.600 testes, entre urinários e sanguíneos, com alguns casos de *doping* confirmados. O último a ser flagrado foi um halterofilista ucraniano, cujo teste de urina foi positivo para nandrolona, um esteroide anabolizante. Esse esteroide é comercializado na forma decanoato de nandrolona (I), que sofre hidrólise, liberando a nandrolona no organismo.

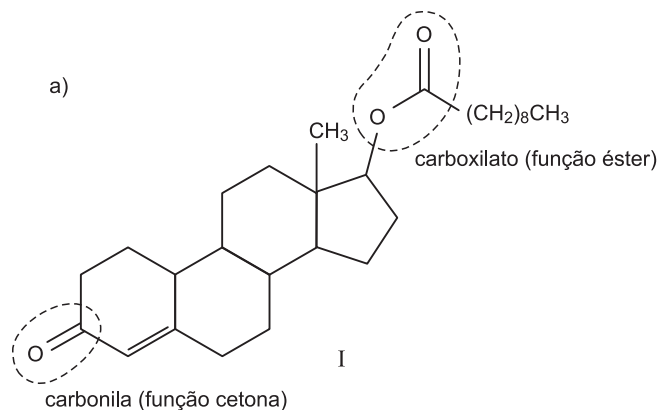
- Na estrutura I, identifique com um círculo e nomeie os grupos funcionais presentes.

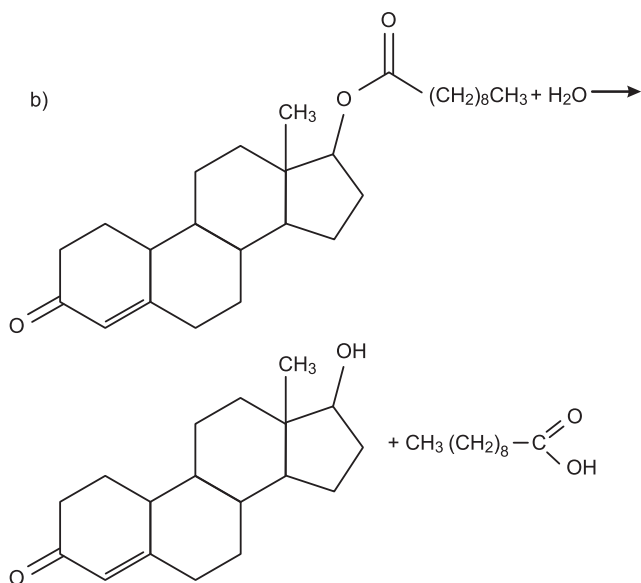


- Complete a equação química da reação de hidrólise do decanoato de nandrolona, partindo da estrutura fornecida.

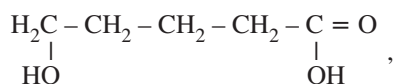
Resolução

-





29. (FUVEST-SP) – Um químico, pensando sobre quais produtos poderiam ser gerados pela desidratação do ácido 5-hidroxipentanoico,

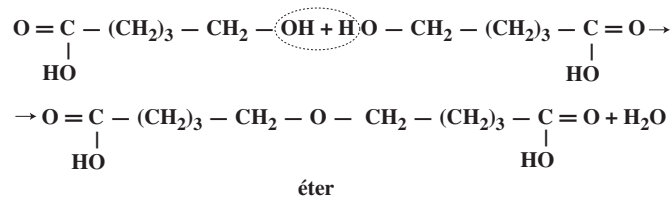


imaginou que

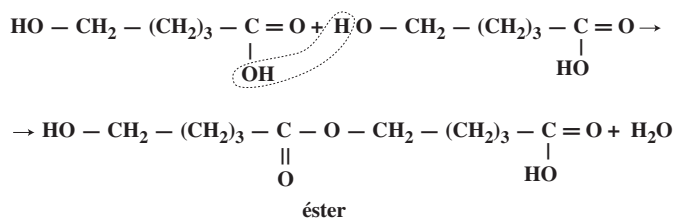
- a) a desidratação intermolecular desse composto poderia gerar um éter ou um éster, ambos de cadeia aberta. Escreva as fórmulas estruturais desses dois compostos.
- b) a desidratação intramolecular desse composto poderia gerar um éster cíclico ou um ácido com cadeia carbônica insaturada. Escreva as fórmulas estruturais desses dois compostos.

Resolução

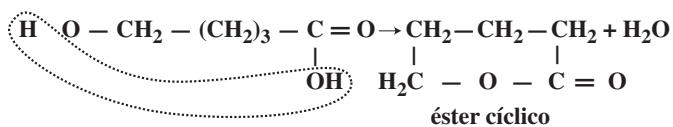
a) Desidratação intermolecular do composto com formação de éter:



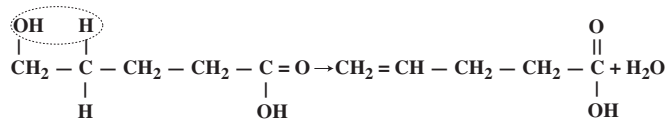
Desidratação intermolecular do composto com formação de éster:



b) Desidratação intramolecular do composto com formação de éster cíclico:

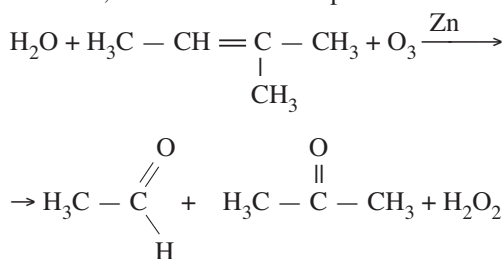


Desidratação intramolecular do composto com formação do ácido insaturado:

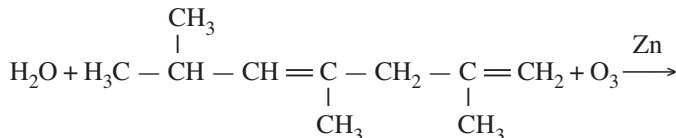


Módulo 24 – Oxidação e Ozonólise dos Alcenos

30. (PUC-SP – MODELO ENEM) – A ozonólise é uma reação de oxidação de alcenos, em que o agente oxidante é o gás ozônio. Essa reação ocorre na presença de água e zinco metálico, como indica o exemplo



Considere a ozonólise em presença de zinco e água, do dieno representado a seguir:

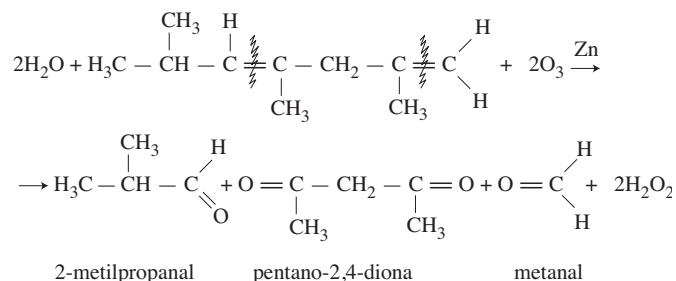


Assinale a alternativa que apresenta os compostos orgânicos formados durante essa reação.

- a) metilpropanal, metanal, propanona e etanal.
 b) metilpropanona, metano e 2,4-pentanodiona.
 c) metilpropanol, metanol e ácido 2,4-pentanodioico.
 d) metilpropanal, ácido metanoico e 2,4-pentanodiol.
 e) metilpropanal, metanal e 2,4-pentanodiona.

Resolução

Pelo modelo de reação apresentado ocorre ruptura da dupla-ligação com a formação de aldeído (existe H no C da dupla-ligação) ou cetona (não há H no C da dupla-ligação).

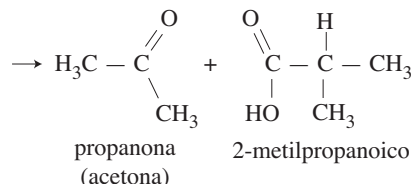
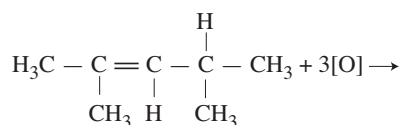


Resposta: E

31. Fazendo a oxidação energética do 2,4-dimetil-2-penteno, obtemos:

- ácido acético e acetona;
- ácido acético e butanona;
- ácido metilpropanoico e acetona;
- ácido metanoico e hexanona.

Resolução



Resposta: C

32. (UFF-RJ) – Submetendo-se um alceno à ação do ozônio, e seguindo-se a hidrólise, obtêm-se dois compostos, A e B. A tem 54,61% de carbono e 9,09% de hidrogênio. B é uma cetona e contém 62,00% de carbono e 10,40% de hidrogênio. Qual a fórmula estrutural plana do alceno original?

Dado: Massas atômicas: C: 12,00u; H: 1,00u; O: 16,00u

Resolução

Composto A

$$\text{C: } \frac{54,61\text{g}}{12,00\text{g/mol}} = 4,55 \text{ mol}$$

$$\text{H: } \frac{9,09\text{g}}{1,00 \text{ g/mol}} = 9,09 \text{ mol}$$

$$\text{O: } \frac{36,30\text{g}}{16,00\text{g/mol}} = 2,27 \text{ mol}$$

$$4,55 : 9,09 : 2,27 = \frac{4,55}{2,27} : \frac{9,09}{2,27} : \frac{2,27}{2,27} = 2 : 4 : 1$$

Fórmula do composto A: C₂H₄O (aldeído acético).

Composto B

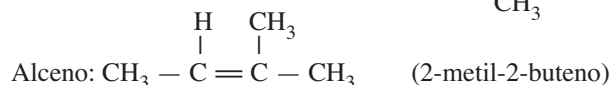
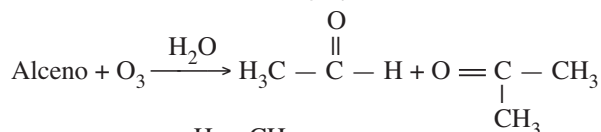
$$\text{C: } \frac{62,00\text{g}}{12,00\text{g/mol}} = 5,16 \text{ mol}$$

$$\text{H: } \frac{10,40\text{g}}{1,00\text{g/mol}} = 10,40 \text{ mol}$$

$$\text{O: } \frac{27,60\text{g}}{16,00\text{g/mol}} = 1,72 \text{ mol}$$

$$5,16 : 10,40 : 1,72 = \frac{5,16}{1,72} : \frac{10,40}{1,72} : \frac{1,72}{1,72} = 3 : 6 : 1$$

Fórmula do composto B: C₃H₆O (acetona ou propanona)



EXERCÍCIOS-TAREFA

Módulo 19 – Reações Orgânicas I: Substituição em Alcanos e Aromáticos

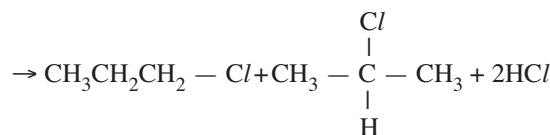
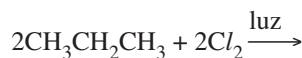
1. (INATEL-MG) – Pretende-se fazer a cloração do propano (C₃H₈). Qual o produto obtido (haleto) em maior quantidade?

- cloreto de propila;
- 1-cloropropano;
- cloreto de isopropila;
- a reação não ocorre;
- a reação ocorre, mas não se obtém haleto.

2. (UFPR) – Considerando a reação de halogenação do metilbutano em presença de luz e cloro, responda:

- Quais as fórmulas dos derivados monoclorados obtidos?
- Dos produtos obtidos, quais os que apresentam isômeros óticos? Dê nome aos mesmos e justifique sua resposta.

3. (FUVEST-SP) – A reação do propano com cloro gasoso, em presença de luz, produz dois compostos monoclorados.



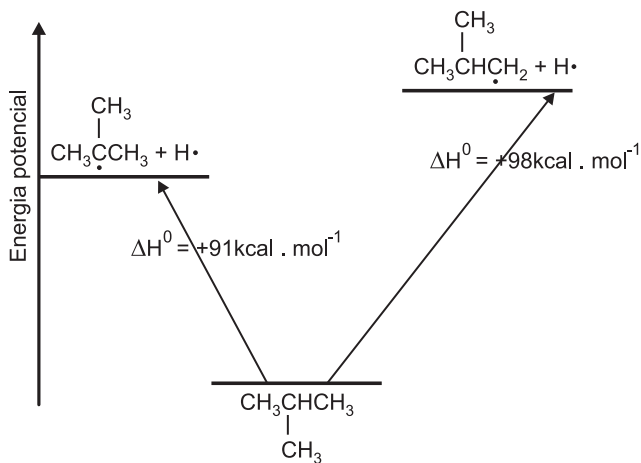
Na reação do cloro gasoso com 2,2-dimetilbutano, em presença de luz, o número de compostos monoclorados que podem ser formados e que não possuem, em sua molécula, carbono assimétrico é

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

4. (UFRJ) – Os radicais livres, grandes inimigos da pele, são formados quando há exposição excessiva ao sol.

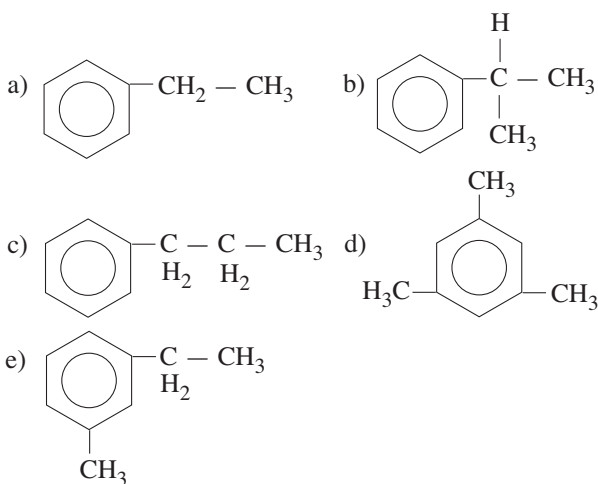
A formação desses radicais envolve um diferente ganho de energia e, por isso, eles apresentam estabilidades diferentes.

O gráfico a seguir apresenta a comparação da energia potencial dos radicais t-butila e isobutila formados a partir do isobutano:

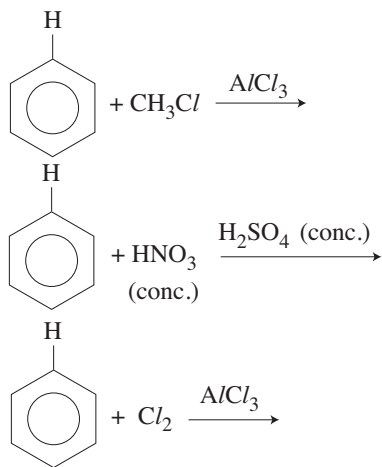


- a) Qual dos dois radicais é o mais estável? Justifique sua resposta.
 b) Qual é a fórmula estrutural do composto resultante da união dos radicais t-butila e isobutila?

5. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – A reação de benzeno com cloreto de metila, em presença de $AlCl_3$ (catalisador), produz tolueno. Em processo semelhante, a reação de benzeno com cloreto de isopropila deverá produzir:



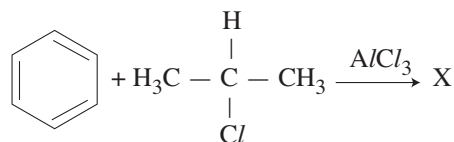
6. (UFPB) – Os produtos principais das reações



são, respectivamente:

- a) tolueno, nitrobenzeno e clorobenzeno.
 b) 1,3-diclorobenzeno, ácido benzenossulfônico e hexaclorobenzeno.
 c) 1,3-dimetilbenzeno, 1,4-dinitrobenzeno e 1,3-diclorobenzeno.
 d) 1,3,5-trimetilbenzeno, nitrobenzeno e 1,3,5-triclorobenzeno.
 e) clorobenzeno, nitrobenzeno e hexaclorobenzeno.

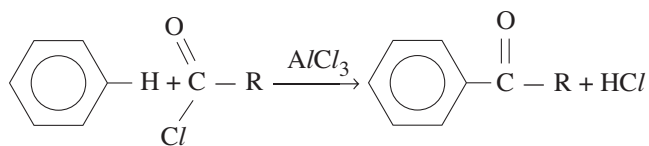
7. (UFU-MG – MODELO ENEM) – O benzeno, embora seja um excelente solvente orgânico, é desaconselhável o seu emprego como tal, por ser cancerígeno. Por isso, usam-se com mais frequência seus derivados, por serem menos agressivos e, além disso, poderem servir como matéria-prima para outras sínteses. O esquema de reação abaixo mostra um caminho para a síntese de um desses derivados:



A afirmação correta é:

- a) A equação representa um processo de preparação de ácidos carboxílicos com aumento da cadeia carbônica.
 b) O composto X é um hidrocarboneto aromático.
 c) Temos um exemplo típico de acilação de Friedel-Crafts.
 d) O composto X é um cloreto de alquila.
 e) O composto X é um fenol.

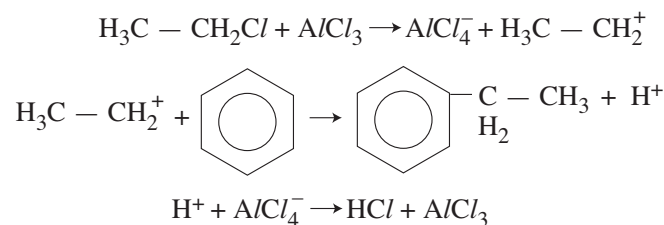
8. (UECE) – A equação geral



representa:

- a) a hidrólise do benzeno
 b) a desidratação do cloreto de ácido
 c) a halogenação do benzeno
 d) a formação de uma cetona aromática

9. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Examinando a seqüência de reações a seguir,



conclui-se que a espécie química catalisadora é:

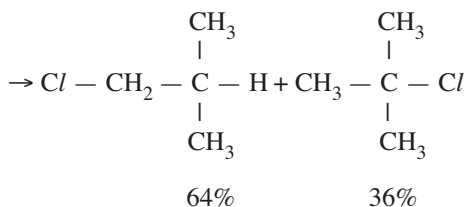
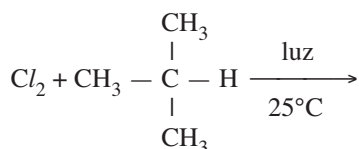
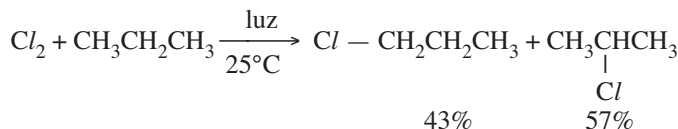
- a) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{Cl}$ b) $AlCl_3$ c) $AlCl_4^-$
 d) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2^+$ e) H^+

Módulo 20 – Dirigência dos Grupos

10. (UNESP) – O composto orgânico 2,2-dimetil-3-metilbutano é um hidrocarboneto saturado que apresenta cadeia orgânica acíclica, ramificada e homogênea.

- Escreva a fórmula estrutural desse composto e classifique os átomos de carbono da sua cadeia orgânica principal.
- Escreva a reação de cloração desse hidrocarboneto, que ocorre no carbono mais reativo.

11. (FUVEST-SP) – Alcanos reagem com cloro, em condições apropriadas, produzindo alcanos monoclorados, por substituição de átomos de hidrogênio por átomos de cloro, como esquematizado:



Considerando os rendimentos percentuais de cada produto e o número de átomos de hidrogênio de mesmo tipo (primário, secundário ou terciário), presentes nos alcanos acima, pode-se afirmar que, na reação de cloração, efetuada a 25°C,

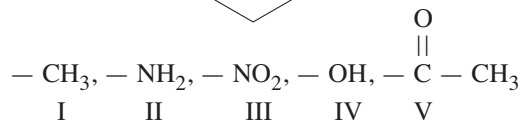
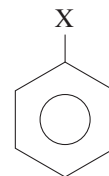
- um átomo de hidrogênio terciário é cinco vezes mais reativo do que um átomo de hidrogênio primário.
- um átomo de hidrogênio secundário é quatro vezes mais reativo do que um átomo de hidrogênio primário.

Observação: Hidrogênios primário, secundário e terciário são os que se ligam, respectivamente, a carbonos primário, secundário e terciário.

A monocloração do 3-metilpentano, a 25°C, na presença de luz, resulta em quatro produtos, um dos quais é o 3-cloro-3-metilpentano, obtido com 17% de rendimento.

- Escreva a fórmula estrutural de cada um dos quatro produtos formados.
- Com base na porcentagem de 3-cloro-3-metilpentano formado, calcule a porcentagem de cada um dos outros três produtos.

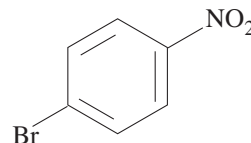
1. (FARO-AMAZONAS E RONDÔNIA) – Considere o benzeno monossustituído, onde X poderá ser:



Assinale a alternativa que contém somente orientadores orto-para:

- I, III, V;
- II, III, IV;
- III, IV, V;
- I, II, IV;
- I, IV, V.

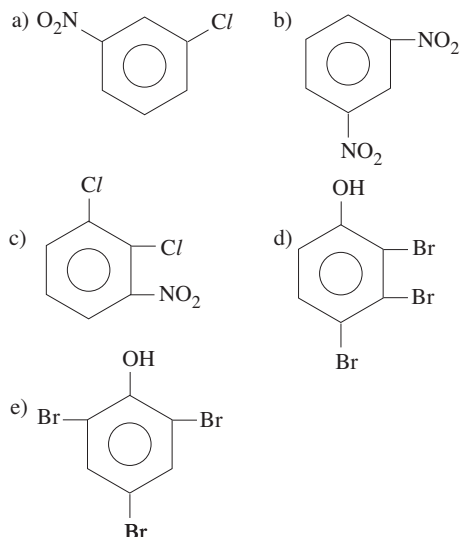
2. (UFES) – Em relação aos grupos – Br e – NO₂, quando ligados ao anel aromático, sabe-se que o grupo – Br é orto e paradirigente; o grupo – NO₂ é metadirigente.



Assim, na formação do composto ao lado possivelmente ocorreu:

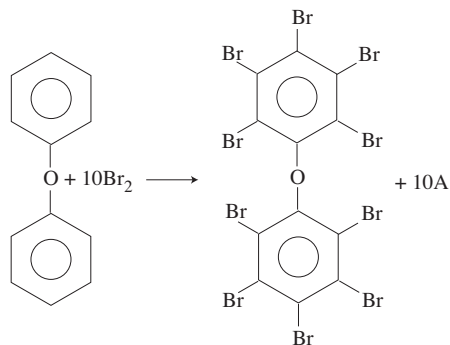
- bromação do nitrobenzeno.
- bromação do tolueno.
- nitração de bromobenzeno.
- nitração de brometo de benzila.
- redução de 1-amino-4-bromobenzeno.

(UNIP-SP) – Nas questões de 3 a 5 você deve associar:



- Produto da monocloração do nitrobenzeno.
- Produto da nitração do nitrobenzeno.
- Produto da tribromação do fenol.

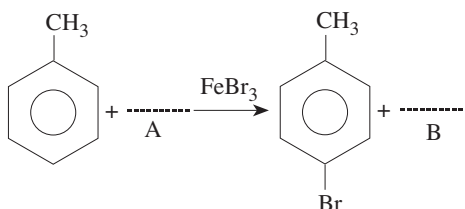
6. (FUVEST-SP) – A equação a seguir representa a preparação de um éter difenílico bromado, que é utilizado no combate de incêndios. O subproduto A é transformado em Br_2 , que é reaproveitado no processo.



Qual dos seguintes reagentes pode ser utilizado para transformar diretamente o subproduto A em Br_2 ?

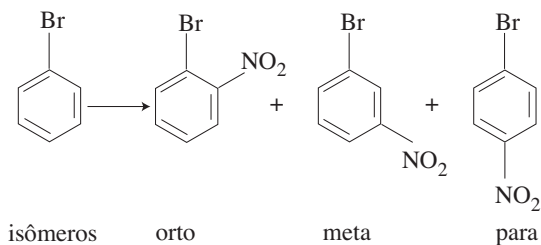
- Brometo de sódio.
- Cloreto de sódio.
- Cloro.
- Éter difenílico.
- Clorofórmio.

7. (CESUPA) – Completando a reação abaixo, tem-se que:



- $\text{A} = \text{Br}_2$; $\text{B} = \text{H}_2$
- $\text{A} = \text{Br}_2$; $\text{B} = \text{H}_2\text{O}$
- $\text{A} = \text{Br}_2$; $\text{B} = \text{HBr}$
- $\text{A} = \text{FeBr}_3$; $\text{B} = \text{HBr}$
- $\text{A} = \text{FeBr}_3$; $\text{B} = \text{FeBr}_3$

8. (FUVEST-SP) – Quando se efetua a reação de nitração do bromobenzeno, são produzidos três compostos isoméricos mononitrados:



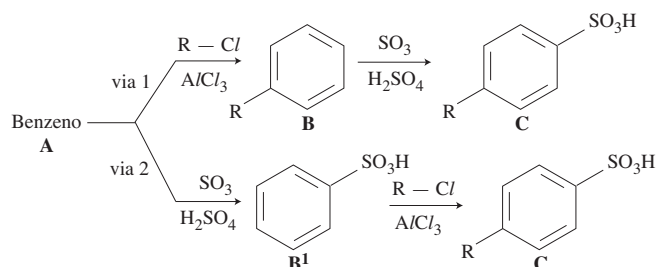
Efetuada-se a nitração do *para*-dibromobenzeno, em reação análoga, o número de compostos **mononitrados** sintetizados é igual a

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

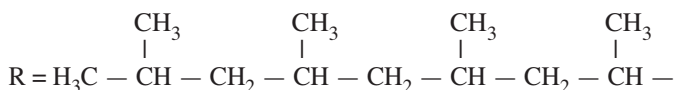
9. (CESUPA) – A reação de Cl_2 com tolueno, em presença de luz e aquecimento, produz:

- cloreto de fenila;
- cloreto de benzila;
- cloreto de *o*-toluila;
- 2,4-diclorotolueno;
- cloreto de *m*-toluila.

10. (UFPA) – O composto C, um produto intermediário na produção de detergentes, pode ser obtido, do ponto de vista teórico, através das duas vias reacionais (via 1 e via 2), conforme mostrado a seguir:



onde;



Na prática, somente uma das vias acima conduz à formação do produto C, e com bom rendimento.

Assinale com V a frase verdadeira e com F a falsa.

- No produto C, existem quatro átomos de carbono quirais.
- A via reacional 1 permite a obtenção do ácido sulfônico com bom rendimento.
- Na via reacional 2, ocorrem reações de sulfonação e de halogenação.
- Todas as reações podem ser classificadas como substituições em compostos aromáticos.

11. (UNIRIO) – Os hidrocarbonetos aromáticos são nitrados mais facilmente que os alifáticos, em presença de uma mistura de ácidos nítrico e sulfúrico, denominada de mistura sulfonítrica. A entrada de dois ou mais grupos nitro é facilitada pela presença de, por exemplo, um radical metil ligado ao anel benzênico.

Uma utilização desta reação citada acima é a obtenção do trinitrotolueno (TNT), que é uma substância explosiva obtida pela nitração total do tolueno. Esquematize a reação balanceada de trinitração do tolueno.

12. (PUC-SP – MODELO ENEM) – Grupos ligados ao anel benzênico interferem na sua reatividade. Alguns grupos tornam as posições orto e para mais reativas para reações de substituição e são chamados orto e paradirigentes, enquanto outros grupos tornam a posição meta mais reativa, sendo chamados de metadirigentes.

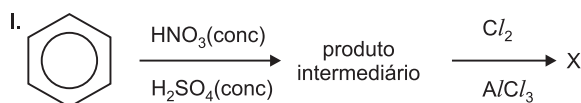
• Grupos orto e paradirigentes:

– Cl, – Br, – NH₂, – OH, – CH₃

• Grupos metadirigentes:

– NO₂, – COOH, – SO₃H

As rotas sintéticas I, II e III foram realizadas com o objetivo de sintetizar as substâncias X, Y e Z, respectivamente.



H₂SO₄ e AlCl₃ são catalisadores.



Após o isolamento adequado do meio reacional e de produtos secundários, os benzenos dissustituídos X, Y e Z obtidos são, respectivamente,

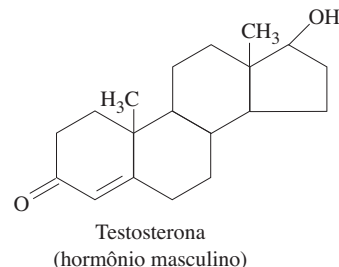
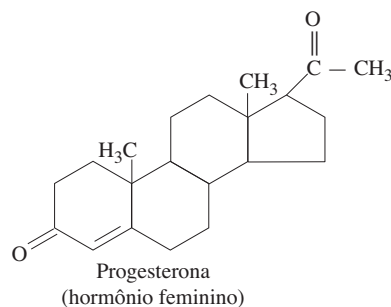
- orto-cloronitrobenzeno, meta-diclorobenzeno e para-nitrotolueno.
- meta-cloronitrobenzeno, orto-diclorobenzeno e para-nitrotolueno.
- meta-cloronitrobenzeno, meta-diclorobenzeno e meta-nitrotolueno.
- para-cloronitrobenzeno, para-diclorobenzeno e orto-nitrotolueno.
- orto-cloronitrobenzeno, orto-diclorobenzeno e para-cloronitrobenzeno.

Módulo 21 – Reação de Adição em Compostos Insaturados

1. (UNIMEP-SP) – Na reação do 2-buteno com Cl₂, teremos a formação do:

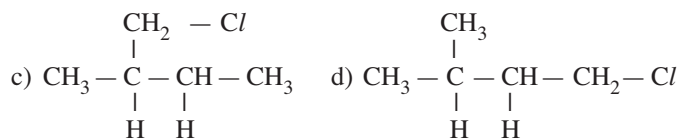
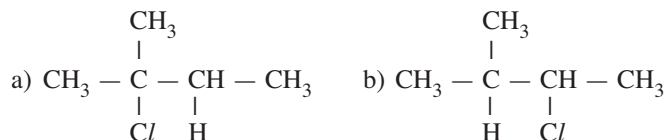
- 1,3-diclorobutano
- 1,4-diclorobutano
- diclorobutano
- 2,3-diclorobutano
- 2,2-diclorobutano

2. (UNESP) – Considere os hormônios progesterona e testosterona, cujas fórmulas estruturais são fornecidas a seguir.

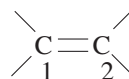


- Quais são as funções orgânicas que diferenciam os dois hormônios?
- Tanto a molécula de progesterona como a de testosterona reagem com solução de bromo. Utilizando apenas o grupo de átomos que participam da reação, escreva a equação química que representa a reação entre o bromo e um dos hormônios.

3. Segundo a regra de Markovnikov, a adição de ácido clorídrico gasoso (anidro) a 2-metil-2-buteno forma, principalmente, o produto:



4. (FUVEST-SP) –



Compostos	Átomos ou grupos de átomos ligados aos carbonos	
	1	2
A	H, H	CH ₃ , CH ₃
B	CH ₃ , H	CH ₃ , H
C	Br, Br	H, Br

Os compostos A, B e C são alcenos ou derivados de alcenos em que os átomos ou grupos de átomos estão ligados aos carbonos 1 e 2, conforme indicado na tabela acima.

a) **A, B e C** apresentam isomeria cis-trans? Explique através de fórmulas estruturais.

b) A reação do composto B com HBr leva à formação de isômeros? Justifique.

5. A hidratação do etileno produz

- a) acetona. b) ácido acético. c) acetaldeído.
d) etanol. e) acetileno.

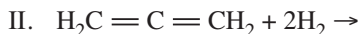
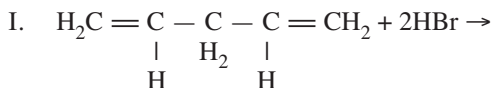
6. A reação do ácido bromídrico com o propino produz em maior quantidade:

- a) 1,3-dibromopropano
b) 1,1-dibromopropano
c) 2,2-dibromopropano
d) 1,2-dibromopropeno
e) 1,1,2,2-tetrabromopropano

7. (UNICAMP-SP) – A reação do propino com bromo pode produzir 2 isômeros cis-trans que contêm uma dupla-ligação e 2 átomos de bromo nas respectivas moléculas.

- a) Escreva a equação dessa reação química entre propino e bromo.
b) Escreva a fórmula estrutural de cada um dos isômeros cis-trans.

8. Completar as reações:



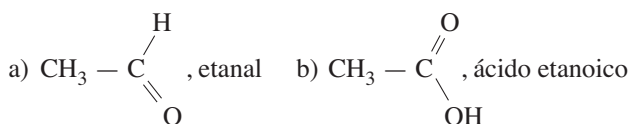
9. Ao se analisar uma amostra em laboratório, usando hidrogenação em presença de catalisador, consumiram-se dois mols de hidrogênio por mol da substância para transformá-la em alcano. A substância era:

- a) 2-buteno
b) 3-cloropropeno
c) 2,3-dimetilpentano
d) 1,3-butadieno
e) 2-metilpropeno

10. Quantos mols de hidrogênio deveremos gastar para transformar um mol de alcenino em alcano?

- a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

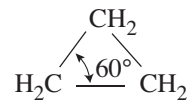
11. A fórmula e o nome do produto final que se obtém quando 1 mol de gás acetileno reage com 1 mol de água, usando-se ácido sulfúrico com sulfato mercúrico como catalisador, é:



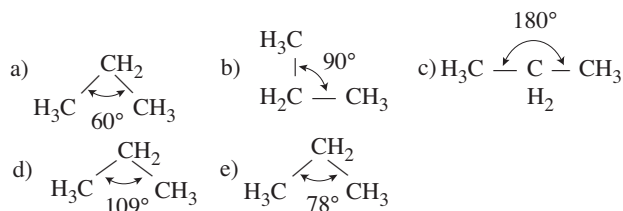
- c) $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$, etano d) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$, etanol
e) $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$, eteno

Módulo 22 – Reatividade de Compostos Cíclicos

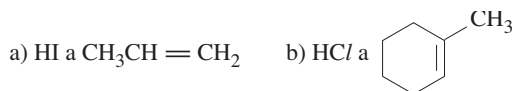
1. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Na hidrogenação do composto:



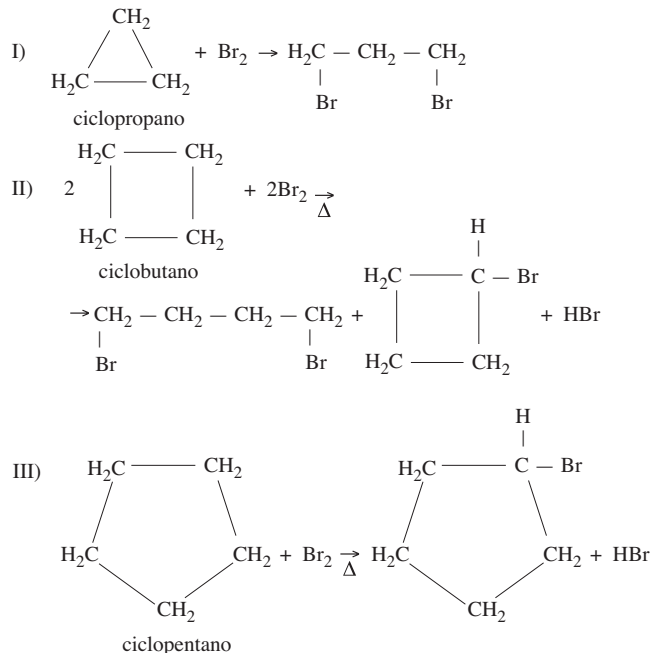
obtém-se um produto, cuja estrutura é mais corretamente representada pela fórmula:



2. (FUVEST-SP) – Hidrocarbonetos que apresentam dupla-ligação podem sofrer reação de adição. Quando a reação é feita com um haleto de hidrogênio, o átomo de halogênio se adiciona ao carbono insaturado que tiver menor número de hidrogênios, conforme observou Markovnikov. Usando esta regra, dê a fórmula e o nome do produto que se forma na adição de:



3. (FUVEST-SP) – Cicloalcanos sofrem reação de bromação, conforme mostrado a seguir:



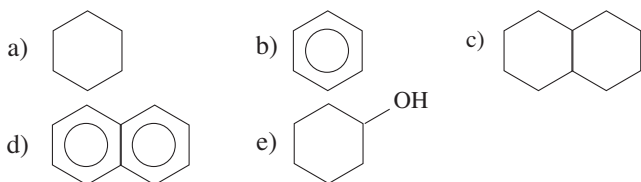
a) Considerando os produtos formados em I, II e III, o que se pode afirmar a respeito da estabilidade relativa dos anéis com três, quatro e cinco átomos de carbono? Justifique.

b) Dê o nome de um dos compostos orgânicos formados nessas reações.

4. (FUVEST-SP) – Duas substâncias diferentes têm fórmula molecular C_6H_{12} . Uma delas, quando submetida à atmosfera de hidrogênio, na presença de um catalisador, reage com o gás e a outra não.

- Qual a razão desta diferença de comportamento?
- Escreva uma fórmula estrutural possível para cada uma dessas substâncias.

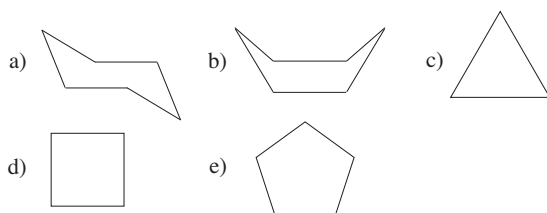
5. (UF. LAVRAS-MG) – O produto da hidrogenação do ciclo-hexeno está apresentado na alternativa:



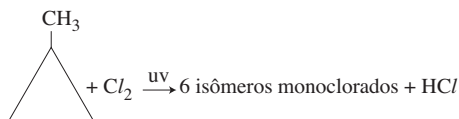
6. (FUVEST-SP) – Dois hidrocarbonetos insaturados, que são isômeros, foram submetidos, separadamente, à hidrogenação catalítica. Cada um deles reagiu com H_2 na proporção, em mols, de 1:1, obtendo-se, em cada caso, um hidrocarboneto de fórmula C_4H_{10} . Os hidrocarbonetos que foram hidrogenados poderiam ser

- 1-butino e 1-buteno.
- 1,3-butadieno e ciclobutano.
- 2-buteno e 2-metilpropeno.
- 2-butino e 1-buteno.
- 2-buteno e 2-metilpropano.

7. (UNIP-SP) – O composto que reage mais facilmente com hidrogênio é:



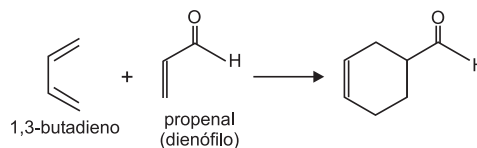
8. (UFU-MG) – Quando se faz a monocloração do metilciclopropano obtêm-se seis isômeros:



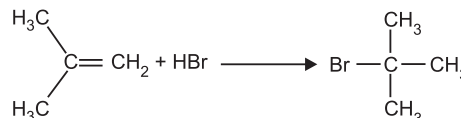
- Represente as estruturas de três destes isômeros.
- Escreva os nomes de dois isômeros representados.

9. (FUVEST-SP) – Uma reação química importante, que deu a seus descobridores (O.Diels e K.Alder) o prêmio Nobel

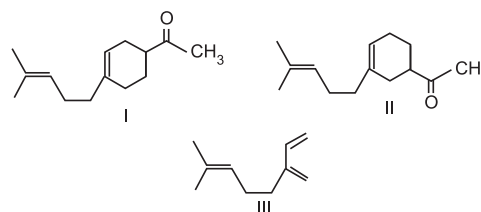
(1950), consiste na formação de um composto cíclico, a partir de um composto com duplas-ligações alternadas entre átomos de carbono (diene) e outro, com pelo menos uma dupla-ligação, entre átomos de carbono, chamado de dienófilo. Um exemplo dessa transformação é:



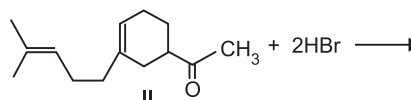
Compostos com duplas-ligações entre átomos de carbono podem reagir com HBr, sob condições adequadas, como indicado:



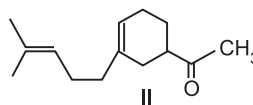
Considere os compostos I e II, presentes no óleo de lavanda:



- O composto III reage com um dienófilo, produzindo os compostos I e II. Mostre a fórmula estrutural desse dienófilo e nela indique, com setas, os átomos de carbono que formaram ligações com os átomos de carbono do diene, originando o anel.
- Mostre a fórmula estrutural do composto formado, se 1 mol do composto II reagir com 2 mols de HBr, de maneira análoga à indicada para a adição de HBr ao 2-metilpropeno, completando a equação química abaixo.



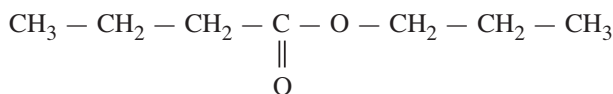
- Na fórmula estrutural do composto II, (a seguir), assinale, com uma seta, o átomo de carbono que, no produto da reação do item b, será assimétrico. Justifique.



Módulo 23 – Esterificação, Saponificação e Eliminação

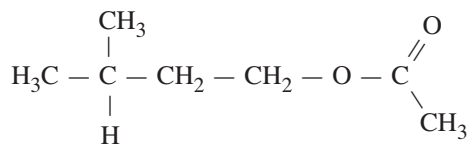
1. (UnB-DF) – Os ésteres são substâncias usadas como aromatizantes e saporificantes (“flavorizantes”) de balas, chicletes e doces. Os itens a seguir referem-se a esta função. Julgue os itens.

- A fórmula mínima do acetato de etila é CHO.
- Os ésteres são obtidos por meio da reação de um aldeído com um álcool.
- O nome do composto



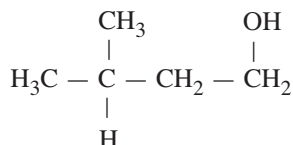
é formiato de propilbutila.

2. (UNESP) – Sobre o aromatizante de fórmula estrutural



são feitas as seguintes afirmações:

- I) A substância tem o grupo funcional éter.
 II) A substância é um éster do ácido etanoico.
 III) A substância pode ser obtida pela reação entre o ácido etanoico e o álcool de fórmula estrutural:



Estão corretas as afirmações:

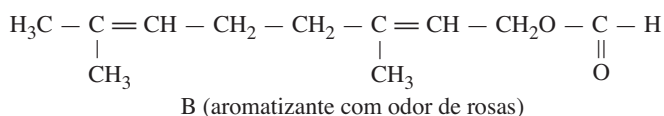
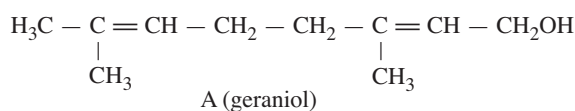
- a) I, apenas. b) II, apenas.
 c) I e III, apenas. d) II e III, apenas.
 e) I, II e III.

3. (UFRJ) – Os ésteres têm odor agradável e juntamente com outros compostos são responsáveis pelo sabor e pela fragrância das frutas e das flores.

Uma das reações para produção de ésteres é a esterificação de Fischer, que utiliza como reagentes ácido carboxílico e álcool em presença de um ácido forte como catalisador.

- a) Apresente a reação de Fischer para produção de etanoato de metila.
 b) Apresente a fórmula estrutural do isômero de compensação (metâmero) do etanoato de metila.

4. (FUVEST-SP) – Deseja-se obter a partir do geraniol (estrutura A) o aromatizante que tem o odor de rosas (estrutura B).

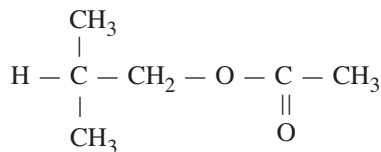


Para isso, faz-se reagir o geraniol com:

- a) álcool metílico (metanol).
 b) aldeído fórmico (metanal).

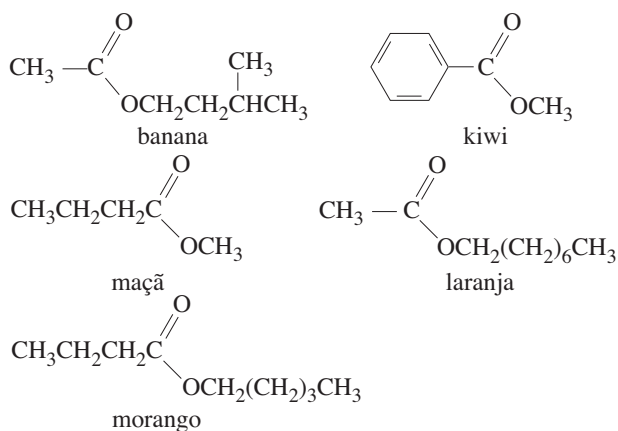
- c) ácido fórmico (ácido metanoico).
 d) formiato de metila (metanoato de metila).
 e) dióxido de carbono.

5. (UNICAMP-SP) – O éster responsável pelo aroma do rum tem a seguinte fórmula estrutural:



Escreva as fórmulas estruturais do ácido e do álcool a partir dos quais o éster poderia ser formado.

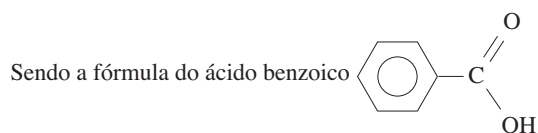
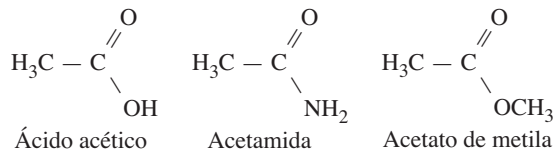
6. (FUVEST-SP – MODELO ENEM) – O cheiro agradável das frutas deve-se, principalmente, à presença de ésteres. Esses ésteres podem ser sintetizados no laboratório, pela reação entre um álcool e um ácido carboxílico, gerando essências artificiais, utilizadas em sorvetes e bolos. Abaixo estão as fórmulas estruturais de alguns ésteres e a indicação de suas respectivas fontes.



A essência, sintetizada a partir do ácido butanoico e do metanol, terá cheiro de

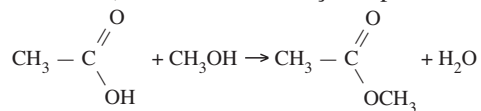
- a) banana. b) kiwi. c) maçã.
 d) laranja. e) morango.

7. (UNICAMP-SP) – Considere o ácido acético e dois de seus derivados:



- a) escreva as fórmulas da benzamida e do benzoato de metila;
 b) escreva a equação da reação de esterificação para formação do benzoato de metila, indicando o nome dos reagentes.

8. (FUVEST-SP) – Considere a reação representada abaixo.

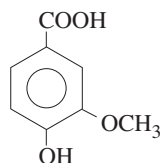


Se, em outra reação, **semelhante à primeira**, a mistura de ácido acético e metanol for substituída pelo ácido 4-hidroxibutanoico, os produtos da reação serão água e um

- ácido carboxílico insaturado com 4 átomos de carbono por molécula.
- éster cíclico com 4 átomos de carbono por molécula.
- álcool com 4 átomos de carbono por molécula.
- éster cíclico com 5 átomos de carbono por molécula.
- álcool com 3 átomos de carbono por molécula.

9. (FUVEST-SP) – Derivados do ácido vanílico têm sido testados na manufatura de cimentos dentários. Entre esses derivados, o éster hexílico tem dado bons resultados.

- Com que composto você reagiria o ácido vanílico para obter o éster hexílico?
- O que se poderia dizer da solubilidade em água do composto escolhido, comparada com a de seus homólogos?



Ácido vanílico

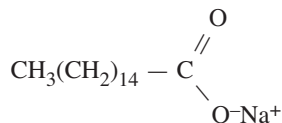
10. (FUVEST-SP) – Na reação de saponificação



e Y são:

- álcool etílico e propionato de sódio.
- ácido acético e propóxido de sódio.
- acetato de sódio e álcool propílico.
- etóxido de sódio e ácido propanoico.
- ácido acético e álcool propílico.

11. (UNICAMP-SP) – A fórmula de um sabão é:



No processo de limpeza, uma parte da molécula do sabão liga-se às gorduras e a outra à água.

Qual parte se liga à gordura e qual se liga à água? Por quê?

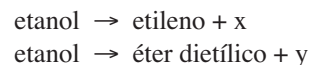
12. Os detergentes biodegradáveis diferem dos não biodegradáveis por apresentarem cadeias carbônicas normais. Dos seguintes tipos de fórmula:

- | | |
|----------------|----------------|
| I) mínima | II) molecular |
| III) funcional | IV) centesimal |
| V) estrutural | |

qual informaria a um estudante de química orgânica se o componente de uma marca de detergente é biodegradável ou não?

- I
- II
- III
- IV
- V

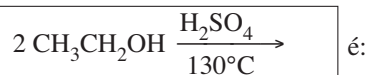
13. (FUVEST-SP) – É possível preparar etileno e éter dietílico a partir do etanol de acordo com o esquema:



As substâncias x e y representam, respectivamente:

- água, água
- hidrogênio, hidrogênio
- água, hidrogênio
- oxigênio e hidrogênio
- oxigênio e água

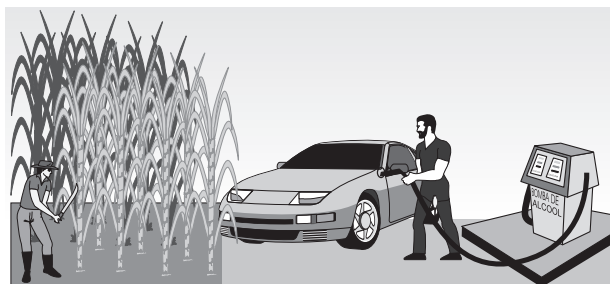
14. (UFPB) – A fórmula que representa o líquido inflamável obtido da reação



é:

- CH_3COOH
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
- H_2CCH_2

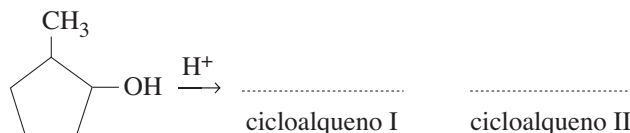
15. (UFRJ) – A crise fez ressurgir o interesse pela produção de hidrocarbonetos a partir de álcool, que pode ser produzido por fonte de matéria-prima renovável. O etanol, por exemplo, no Brasil é largamente produzido a partir da cana-de-açúcar.



- Escreva a equação da reação utilizada para transformar etanol em eteno.
- O eteno, o produto dessa reação, pode ser utilizado para a produção de diversos compostos orgânicos da cadeia petroquímica. Qual é o produto da reação do eteno com o hidrogênio?

16. (UFV-MG) – A desidratação de alcoóis, em meio ácido, produz alquenos ou cicloalquenos.

- Represente as estruturas dos dois cicloalquenos resultantes da desidratação do 2-metilciclopentanol.



- Nome do cicloalqueno I: _____
Nome do cicloalqueno II: _____

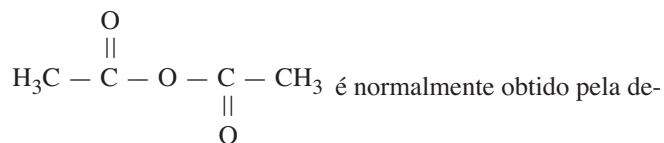
17. (UNIFESP) – Um composto de fórmula molecular C_4H_9Br , que apresenta isomeria ótica, quando submetido a uma reação de eliminação (com KOH alcoólico a quente), forma como produto principal um composto que apresenta isomeria geométrica (cis e trans).

- a) Escreva as fórmulas estruturais dos compostos orgânicos envolvidos na reação.
 b) Que outros tipos de isomeria pode apresentar o composto de partida C_4H_9Br ? Escreva as fórmulas estruturais de dois dos isômeros.

18. (UFRJ) – Uma substância X, de fórmula molecular $C_4H_{10}O$, que apresenta isomeria ótica, quando aquecida na presença de ácido sulfúrico fornece uma substância Y que apresenta isomeria geométrica.

- a) Dê o nome da substância X.
 b) Escreva a fórmula estrutural de um isômero de posição da substância Y.

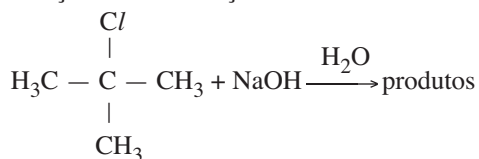
19. O composto



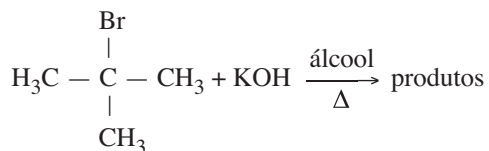
- a) duas moléculas iguais de cetona.
 b) duas moléculas iguais de ácido carboxílico.
 c) duas moléculas iguais de álcool.
 d) uma molécula de álcool e uma de cetona.
 e) uma molécula de ácido carboxílico e uma de cetona.

20. (UFRJ) – Os derivados halogenados podem sofrer reações de substituição e eliminação, gerando produtos diferentes.

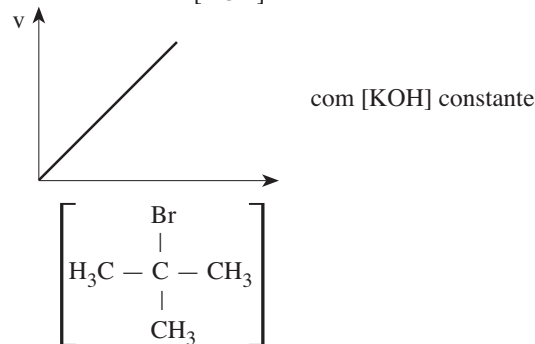
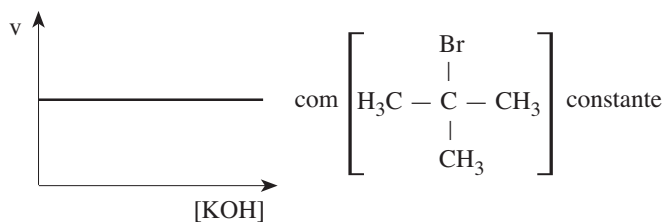
I. Reação de Substituição



II. Reação de Eliminação



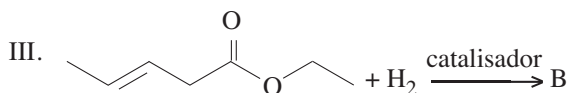
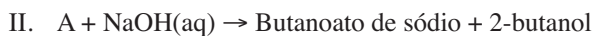
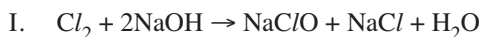
- a) Apresente a fórmula estrutural do produto orgânico de cada uma das reações, indicando a reação correspondente.
 b) Os dois gráficos a seguir representam a variação da velocidade da reação de eliminação em função das concentrações de cada reagente, a temperatura constante.



Escreva a expressão da velocidade da reação de eliminação.

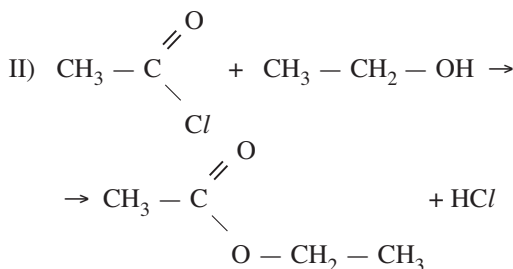
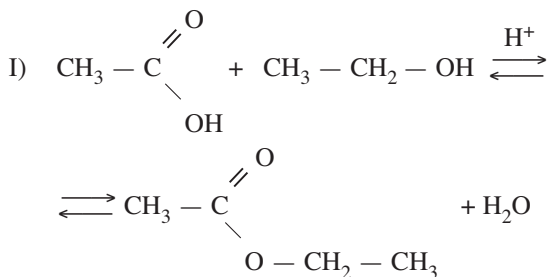
21. (UFRJ) – Cloro, hidróxido de sódio e hidrogênio são insumos de grande importância para o país, pois são utilizados como reagentes em vários processos químicos.

As reações I, II e III a seguir são exemplos de aplicação desses insumos:



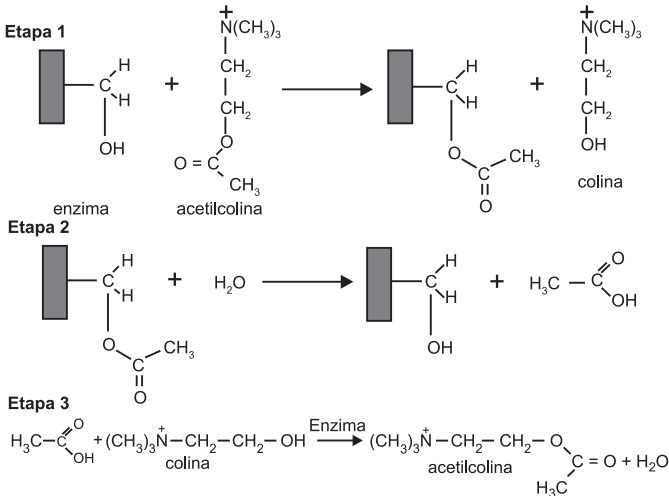
- a) Dê o nome do $NaClO$ produzido na reação I.
 b) Escreva a estrutura em bastão do reagente A na reação II e dê um isômero de função do 2-butanol.
 c) Dê o nome do éster B produzido na reação III.

22. (UFG-GO) – O acetato de etila, usado como essência de maçã em doces, pode ser sintetizado através das reações químicas representadas a seguir:



- a) Partindo-se de um mol de cada reagente, qual das estratégias de síntese dará maior rendimento de éster? Justifique.
- b) Ao adquirir um doce de maçã e levá-lo à boca, uma criança sentiu um forte cheiro de vinagre. Explique a observação, considerando-se que o doce estava armazenado em um local úmido.

23. **(FUVEST-SP – MODELO ENEM)** – A acetilcolina (neurotransmissor) é um composto que, em organismos vivos e pela ação de enzimas, é transformado e posteriormente regenerado:



Na etapa 1, ocorre uma transesterificação. Nas etapas 2 e 3, ocorrem, respectivamente,

- a) desidratação e saponificação.
 b) desidratação e transesterificação.
 c) hidrólise e saponificação.
 d) hidratação e transesterificação.
 e) hidrólise e esterificação.

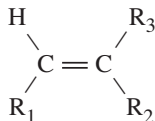
Módulo 24 – Oxidação e Ozonólise dos Alcenos

1. **(UNIP-SP)** – C_6H_{12} por ozonólise, em presença de zinco, forneceu as substâncias: butanona e etanal.

O nome oficial da substância usada, C_6H_{12} , é:

- a) 3-metil-1-penteno b) 2-metil-2-penteno
 c) 2-metil-1-penteno d) 3-metil-2-penteno
 e) 3-hexeno

2. **(UFG-GO)** – Observe a fórmula geral a seguir:



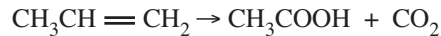
Sendo $R_1 = R_2 = -CH_3$ e $R_3 = -C_2H_5$, temos a substância A;
 sendo $R_1 = -CH_3$ e $R_2 = R_3 = -C_2H_5$, temos a substância B;
 e sendo $R_1 = R_2 = -C_2H_5$ e $R_3 = -CH_3$, temos a substância C.

Sobre essas substâncias é correto afirmar que:

- (01) apenas as substâncias A e C apresentam isomeria cis-trans;
 (02) a substância A é denominada 3-metil-3-hexeno;
 (04) todas as substâncias, por ozonólise, formam cetonas;
 (08) a reação da substância C com HCl gasoso produz o 3-metil-3-cloro-hexano;

(16) formam apenas alcoóis terciários por hidratação em meio ácido.

3. **(FUVEST-SP)** – A reação de um alceno com ozônio, seguida da reação do produto formado com água, produz aldeídos ou cetonas ou misturas desses compostos. Porém, na presença de excesso de peróxido de hidrogênio, os aldeídos são oxidados a ácidos carboxílicos ou a CO_2 , dependendo da posição da dupla-ligação na molécula do alceno.



Determinado hidrocarboneto insaturado foi submetido ao tratamento acima descrito, formando-se os produtos abaixo, na proporção, em mols, de 1 para 1 para 1:

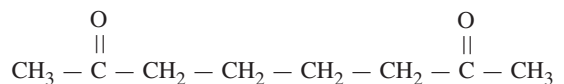
$HOOCH_2CH_2CH_2COOH$; CO_2 ; ácido propanoico.

- a) Escreva a fórmula estrutural do hidrocarboneto insaturado que originou os três produtos acima.
 b) Dentre os isômeros de cadeia aberta de fórmula molecular C_4H_8 , mostre os que não podem ser distinguidos, um do outro, pelo tratamento acima descrito. Justifique.

4. **(FESP-UPE-PE)** – Submetendo-se um composto orgânico à ozonólise foram obtidas, como produtos derivados da reação, duas (02) moléculas de aldeído fórmico e uma de aldeído oxálico. O composto original é:

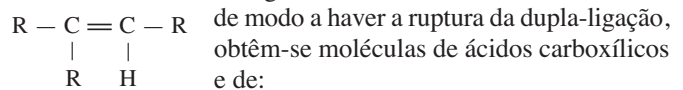
- a) 1,2-butadieno b) 1,3-pentadieno c) 1,4-pentadieno
 d) 1,3-butadieno e) 1,3,4-pentatrieno

5. **(UFV-MG)** – Um cicloalqueno, ao ser submetido à ozonólise, produziu unicamente a seguinte cetona:



- a) O nome desta cetona é: _____
 b) Represente a estrutura do cicloalqueno que sofreu ozonólise.
 c) O nome deste cicloalqueno é: _____

6. **(FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS)** – Quando se oxidam alcenos de fórmula geral



- a) aldeídos b) cetonas c) ésteres
 d) éteres e) hidrocarbonetos

7. A oxidação exhaustiva do 2-butenos produz:

- a) propanona b) ácido acético c) ácido butanoico
 d) ácido metanoico e) ácido propanoico

8. A oxidação do metilpropeno na presença de solução de $KMnO_4$ em meio H_2SO_4 produz:

- a) propanona, gás carbônico e água;
 b) propanona e aldeído fórmico;
 c) ácido propanoico e aldeído fórmico;
 d) ácido propanoico e ácido fórmico;
 e) somente gás carbônico e vapor-d'água.

9. (UFES) – Dois compostos A e B apresentam a mesma fórmula molecular C_6H_{12} . Quando A e B são submetidos, separadamente, à reação com $KMnO_4$, em solução ácida a quente, o composto A produz CO_2 e ácido pentanoico, enquanto o composto B produz somente ácido propanoico. Dê as fórmulas estruturais e os nomes, de acordo com as normas oficiais (IUPAC) para os compostos A e B.

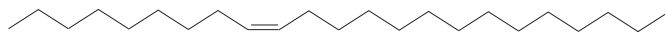
10. (UNICAMP-SP) – Um mol de um hidrocarboneto cíclico de fórmula C_6H_{10} reage com um mol de bromo, Br_2 , produzindo um mol de um composto com dois átomos de bromo em sua molécula. Esse mesmo hidrocarboneto, C_6H_{10} , em determinadas condições, pode ser oxidado a ácido adípico, $HOOC - (CH_2)_4 - COOH$.

- Qual a fórmula estrutural do hidrocarboneto C_6H_{10} ?
- Escreva a equação química da reação desse hidrocarboneto com bromo.

11. (UNESP) – Ácidos carboxílicos podem ser obtidos em laboratório pela oxidação direta de grupos alquílicos com O_2 do ar, utilizando-se um catalisador apropriado.

- Escreva a equação química, utilizando fórmulas estruturais dos compostos orgânicos, para a reação de oxidação dos grupos alquílicos do p-dimetilbenzeno.
- Represente a fórmula estrutural do produto formado pela reação do ácido dicarboxílico obtido com excesso de etanol, indicando a função orgânica do novo produto.

12. (UFRN – MODELO ENEM) – Muitos insetos se comunicam por meio de compostos denominados feromônios. A muscalura, por exemplo, é um feromônio sexual produzido pelas fêmeas da mosca doméstica, para atrair os machos com vistas ao acasalamento. Esse composto, cuja fórmula estrutural é apresentada abaixo, é sintetizado em laboratório e utilizado em iscas contendo veneno para atrair e matar moscas em ambientes domésticos.



Com relação à muscalura é **incorreto** afirmar que

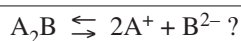
- quando submetida à ozonólise pode ser convertida em nonanal e tetradecanal.
- quando submetida à hidrogenação catalítica é transformada em um alceno.
- o isômero apresentado é o *cis*.
- sua fórmula molecular é $C_{23}H_{46}$.
- quando tratada com água, na presença de ácido, é transformada em uma cetona.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Módulo 19 – Equilíbrio Químico II: Cálculo das Quantidades no Equilíbrio

1. 5 mols de uma substância A_2B são colocados em um recipiente de 10 litros. Atingido o equilíbrio, A_2B apresenta-se 30% ionizado em A^+ e B^{2-} .

Qual o K_c da reação:

**Resolução**

A novidade é o aparecimento do **GRAU DE IONIZAÇÃO** da substância (α).

$$\alpha = \frac{\text{quantidade em mols ionizada}}{\text{quantidade em mols dissolvida inicialmente}}$$

Casos extremos:

a) ionização total:

100 moléculas dissolvidas

100 moléculas ionizadas

$$\alpha = 100\%$$

$$\alpha = \frac{100}{100} = 1$$

$$\text{reação completa: } \alpha = 1$$

b) ionização inexistente:

100 moléculas dissolvidas

0 molécula ionizada

$$\alpha = 0\%$$

$$\alpha = \frac{0}{100} = 0$$

$$\text{obviamente não há reação: } \alpha = 0$$

c) caso do problema:

100 moléculas dissolvidas

30 moléculas ionizadas

Logo:

$$\alpha = \frac{\text{ionizado}}{\text{dissolvido}}$$

Voltamos ao problema:

$$0,3 = \frac{\text{ionizado}}{5}$$

$$\text{ionizado} = 1,5 \text{ mol}$$

Conclusão: Dos 5 mols iniciais de A_2B , 1,5 mol se ioniza, logo, esse dado deve ser colocado na linha **REAGE** de A_2B .

	$1A_2B$	\rightleftharpoons	$2A^+$	+	B^{2-}
início	5 mols		0		0
reage e é produzido	\ominus 1,5 mol		\oplus 3,0 mols		\oplus 1,5 mol
no equilíbrio	3,5 mols		3,0 mols		1,5 mol

Cálculo das quantidades de matéria produzidas:

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

$$x = 3,0$$

$$y = 1,5$$

Calculamos, agora, a concentração de cada participante no equilíbrio, dividindo as quantidades encontradas pelo volume do recipiente (10 litros).

$$[A_2B] = \frac{3,5 \text{ mols}}{10 \text{ litros}} = 0,35 \text{ mol/litro}$$

$$[A^+] = \frac{3,0 \text{ mols}}{10 \text{ litros}} = 0,30 \text{ mol/litro}$$

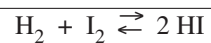
$$[B^{2-}] = \frac{1,5 \text{ mol}}{10 \text{ litros}} = 0,15 \text{ mol/litro}$$

$$[K_c] = \frac{[A^+]^2 [B^{2-}]}{[A_2B]} = \frac{(0,30)^2 \cdot 0,15}{0,35} = 3,86 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{Resposta: } K_c = 3,86 \cdot 10^{-2}$$

2. Um mol de hidrogênio e um mol de iodo, ambos no estado gasoso, são introduzidos em um frasco com capacidade de um litro. O frasco foi fechado e deixou-se a reação prosseguir até o equilíbrio ter sido atingido. A constante de equilíbrio a 510°C foi experimentalmente determinada, e o valor encontrado foi igual a 49.

Calcular as concentrações de cada participante da reação, quando o equilíbrio:



foi atingido.

Resolução

a) Inicialmente, colocamos os dados do problema de modo eficiente, relacionando-os com a reação:

	1H ₂	+	1I ₂	↔	2HI
início	1		1		0
reage e é produzido	⊖ x		⊖ x		⊕ 2x
no equilíbrio	1 - x		1 - x		2x

Observação: como não temos de nenhum dos participantes a quantidade que reage ou é produzida, fazemos uma consideração: chamamos de “x” a quantidade de hidrogênio que reage. Em função da quantidade de hidrogênio (H₂) que reage, calculamos, por meio dos coeficientes da equação, que a quantidade de iodo (I₂) que reage é também “x”, e que a quantidade de iodeto de hidrogênio (HI) produzida é “2x”.

b) Expressamos, agora, a constante de equilíbrio (K_c), cujo valor é conhecido (K_c = 49):

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} \quad (\text{I})$$

c) Substituímos em (I) os valores do equilíbrio, encontrados na tabela do item (a), e desenvolvemos a expressão obtida.

$$K_c = \frac{(2x)^2}{(1-x) \cdot (1-x)} = 49$$

$$\frac{(2x)^2}{(1-x)^2} = 49$$

$$\sqrt{\frac{(2x)^2}{(1-x)^2}} = \sqrt{49}$$

$$\frac{2x}{1-x} = \pm 7$$

Temos, agora, duas possibilidades:

$$1^{\text{a}}) \frac{2x}{1-x} = 7$$

$$\begin{aligned} 2x &= 7(1-x) \\ 2x &= 7 - 7x \\ 9x &= 7 \end{aligned}$$

$$\boxed{x = \frac{7}{9}} \text{ primeira possibilidade}$$

$$2^{\text{a}}) \frac{2x}{1-x} = -7$$

$$\begin{aligned} 2x &= -7(1-x) \\ 2x &= -7 + 7x \\ -5x &= -7 \end{aligned}$$

$$\boxed{x = \frac{7}{5}} \text{ segunda possibilidade}$$

Como no equilíbrio as quantidades de hidrogênio (H₂) e iodo (I₂) são, ambas, iguais a (1 - x), x não pode ser maior do que 1 e, por isso, desprezamos a segunda possibilidade, aceitando como verdadeira apenas a primeira possibilidade:

$$\boxed{x = 7/9}$$

d) Podemos, agora, calcular as quantidades em mol de todos os participantes do equilíbrio. Basta olhar novamente a tabela do item (a) e escrever:

$$\text{H}_2: 1 - x = 1 - \frac{7}{9} \Rightarrow \frac{2}{9} \text{ mol}$$

$$\text{I}_2: 1 - x = 1 - \frac{7}{9} \Rightarrow \frac{2}{9} \text{ mol}$$

$$\text{HI}: 2x = 2 \cdot \frac{7}{9} \Rightarrow \frac{14}{9} \text{ mol}$$

e) Como o volume do recipiente é um litro, ao calcular as quantidades em mol de cada um dos participantes, já temos as concentrações de cada um deles.

$$[\text{H}_2] = \frac{2}{9} \text{ mol/L} = 0,22 \text{ mol/litro}$$

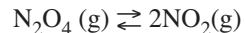
$$[\text{I}_2] = \frac{2}{9} \text{ mol/L} = 0,22 \text{ mol/litro}$$

$$[\text{HI}] = \frac{14}{9} \text{ mol/L} = 1,55 \text{ mol/litro}$$

Resposta:

$$\begin{aligned} [\text{H}_2] &= [\text{I}_2] = 0,22 \text{ mol/litro} \\ [\text{HI}] &= 1,55 \text{ mol/litro} \end{aligned}$$

3. (ITA-SP) – Considere a reação de dissociação do N₂O₄(g) representada pela seguinte equação:



Assinale a opção com a equação correta que relaciona a fração percentual (α) de N₂O₄(g) dissociado com a pressão total do sistema (P) e com a constante de equilíbrio em termos de pressão (K_p).

$$\text{a)} \alpha = \sqrt{\frac{K_p}{4P + K_p}} \quad \text{b)} \alpha = \sqrt{\frac{4P + K_p}{K_p}}$$

$$\text{c)} \alpha = \frac{K_p}{2P + K_p} \quad \text{d)} \alpha = \frac{2P + K_p}{K_p}$$

$$\text{e)} \alpha = \frac{K_p}{2 + P}$$

Resolução

P_i = pressão inicial de N₂O₄

	N ₂ O ₄ (g) ↔ 2NO ₂ (g)	
início	P _i	0
reage e forma	α P _i →	2 α P _i
equilíbrio	P _i - α P _i	2 α P _i

Como a pressão total no equilíbrio é P, temos:

$$P = P_{N_2O_4} + P_{NO_2}$$

$$P = (P_i - \alpha P_i) + 2 \alpha P_i$$

$$P = P_i + \alpha P_i$$

$$P = P_i (1 + \alpha)$$

$$P_i = \frac{P}{1 + \alpha}$$

Portanto, as pressões de N_2O_4 e NO_2 no equilíbrio valem:

$$P_{N_2O_4} = P_i - \alpha P_i$$

$$P_{N_2O_4} = \frac{P}{1 + \alpha} - \alpha \left(\frac{P}{1 + \alpha} \right)$$

$$P_{N_2O_4} = \frac{P - \alpha P}{1 + \alpha} = \boxed{\frac{P(1 - \alpha)}{1 + \alpha}}$$

$$P_{NO_2} = 2 \alpha P_i$$

$$P_{NO_2} = 2 \alpha \cdot \left(\frac{P}{1 + \alpha} \right) = \boxed{\frac{2 \alpha P}{1 + \alpha}}$$

$$\text{Como } K_p = \frac{(P_{NO_2})^2}{P_{N_2O_4}}$$

$$K_p = \frac{\left(\frac{2 \alpha P}{1 + \alpha} \right)^2}{\frac{P(1 - \alpha)}{1 + \alpha}}$$

$$K_p = \frac{4 \alpha^2 P^2}{P(1 + \alpha)(1 - \alpha)} = \frac{4 \alpha^2 P}{1 - \alpha^2}$$

$$K_p (1 - \alpha^2) = 4 \alpha^2 P$$

$$K_p - K_p \alpha^2 - 4 \alpha^2 P = 0$$

$$K_p \alpha^2 + 4P \alpha^2 = K_p$$

$$\alpha^2 (K_p + 4P) = K_p$$

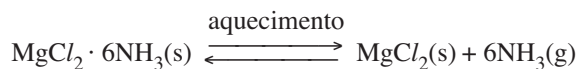
$$\alpha^2 = \frac{K_p}{4P + K_p}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_p}{4P + K_p}}$$

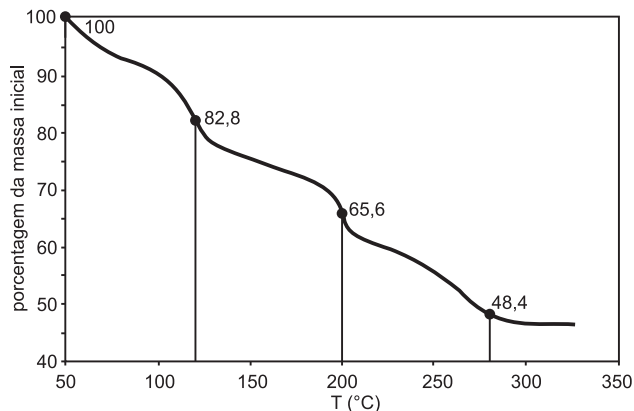
Resposta: A

Módulo 20 – Deslocamento de Equilíbrio

4. (FUVEST-SP) – O sólido $MgCl_2 \cdot 6NH_3$ pode decompor-se, reversivelmente, em cloreto de magnésio e amônia. A equação química que representa esse processo é:



Ao ser submetido a um aquecimento lento, e sob uma corrente de nitrogênio gasoso, o sólido $MgCl_2 \cdot 6NH_3$ perde massa, gradativamente, como representado no gráfico:



As linhas verticais, mostradas no gráfico, delimitam as três etapas em que o processo de decomposição pode ser dividido.

- Calcule a perda de massa, por mol de $MgCl_2 \cdot 6NH_3$, em cada uma das três etapas.
- Com base nos resultados do item anterior, escreva uma equação química para cada etapa de aquecimento. Cada uma dessas equações deverá representar a transformação que ocorre na etapa escolhida.

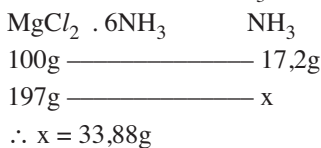
Etapa 1	
Etapa 2	
Etapa 3	

- No processo descrito, além do aquecimento, que outro fator facilita a decomposição do $MgCl_2 \cdot 6NH_3$? Explique.

Dados: massa molar (g/mol): $MgCl_2 \cdot 6NH_3$ 197
 NH_3 17,0

Resolução

- Etapa 1: a diferença $100g - 82,8g = 17,2g$ corresponde ao desprendimento do NH_3 :



aproximadamente 34g de NH_3 , que correspondem a 2 mol de NH_3 .

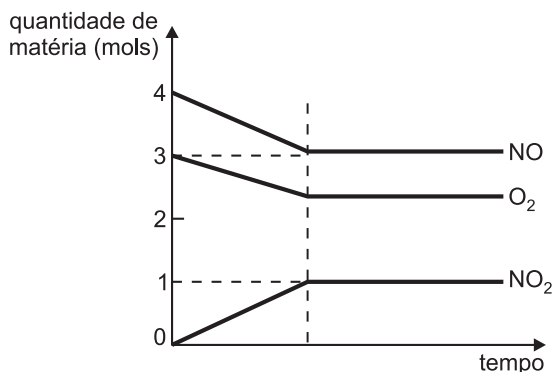
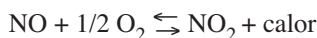
Etapa 2: a diferença $82,8g - 65,6g = 17,2g$ corresponde ao desprendimento do NH_3 , que é igual ao da etapa 1, portanto, teremos 2 mol de NH_3 liberado (34g de NH_3).

Etapa 3: a diferença $65,6g - 48,4g = 17,2g$ corresponde ao desprendimento do NH_3 , que é igual ao da etapa 1 e da etapa 2, portanto, teremos 2 mol de NH_3 liberado (34g de NH_3).

Etapa 1	$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3(\text{s}) \xrightleftharpoons{\Delta} \text{MgCl}_2 \cdot 4\text{NH}_3(\text{s}) + 2\text{NH}_3(\text{g})$
Etapa 2	$\text{MgCl}_2 \cdot 4\text{NH}_3(\text{s}) \xrightleftharpoons{\Delta} \text{MgCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3(\text{s}) + 2\text{NH}_3(\text{g})$
Etapa 3	$\text{MgCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3(\text{s}) \xrightleftharpoons{\Delta} \text{MgCl}_2(\text{s}) + 2\text{NH}_3(\text{g})$

c) A corrente de N_2 arrasta o NH_3 , retirando-o do sistema em equilíbrio. Pelo Princípio de Le Châtelier, como a concentração de NH_3 é diminuída, o equilíbrio é deslocado no sentido de formação do NH_3 , facilitando, assim, a decomposição do $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$.

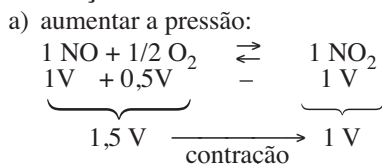
5. É dado o gráfico que corresponde ao equilíbrio:



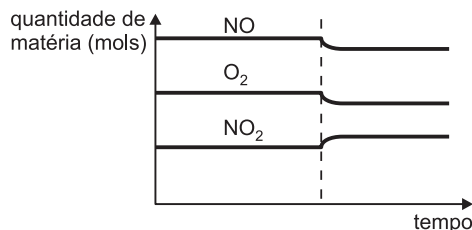
Baseado no gráfico acima, fazer o gráfico que corresponde às seguintes alterações (considerar a partir do equilíbrio já estabelecido):

- aumentar a pressão;
- adicionar NO;
- aumentar a temperatura.

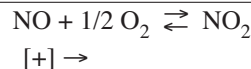
Resolução



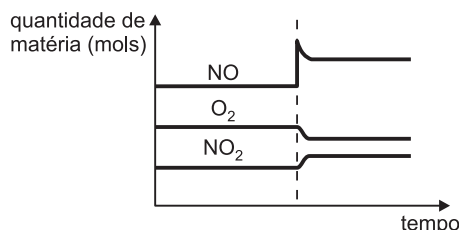
Quando aumentamos a pressão, o equilíbrio é deslocado no sentido da contração de volume. Nesse caso, como é deslocado para a formação de NO_2 , mais NO e O_2 reagem, diminuindo assim a sua quantidade.



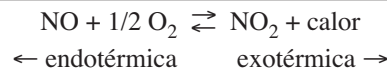
b) adicionar NO



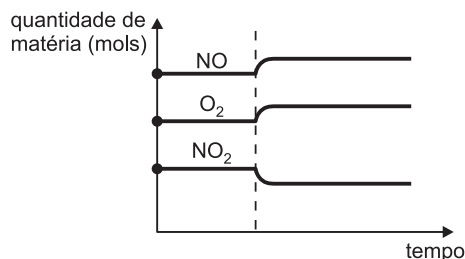
Quando adicionamos NO , o equilíbrio é deslocado, favorecendo a formação de NO_2 , mas para formar NO_2 , o NO e o O_2 têm de reagir, logo suas concentrações diminuem:



c) aumentar a temperatura



Quando aumentamos a temperatura, o equilíbrio é deslocado no sentido da reação endotérmica. Assim, favorece a formação de NO e O_2 com consequente diminuição da quantidade de NO_2 .



6. (UNICAMP-SP) – Em um determinado ambiente encontrava-se um frasco fechado contendo os gases NO_2 (castanho) e N_2O_4 (incolor), que apresentam o equilíbrio assim equacionado:



(H = entalpia e $\Delta H < 0$ significa reação exotérmica)

Esse frasco, a seguir, foi colocado num segundo ambiente, observando-se uma diminuição da coloração castanha.

- Escreva a expressão da constante de equilíbrio em função das pressões parciais dos gases envolvidos.
- O que se pode afirmar com relação às temperaturas dos dois ambientes em que esteve o frasco? Justifique sua afirmação.

$$\alpha^2 = \frac{K_i}{M} \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_i}{M}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{10^{-9}}{10^{-1}}}$$

$$\alpha = \sqrt{10^{-8}} \therefore \alpha = 10^{-4}$$

$$\alpha = 0,0001 \text{ ou } \alpha = 0,01\%$$

17. Considere o ácido cianídrico em solução aquosa. Ao adicionarmos pequena quantidade de cianeto de sódio, o que acontecerá com o grau de ionização do ácido?

Resolução



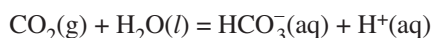
Adicionamos:



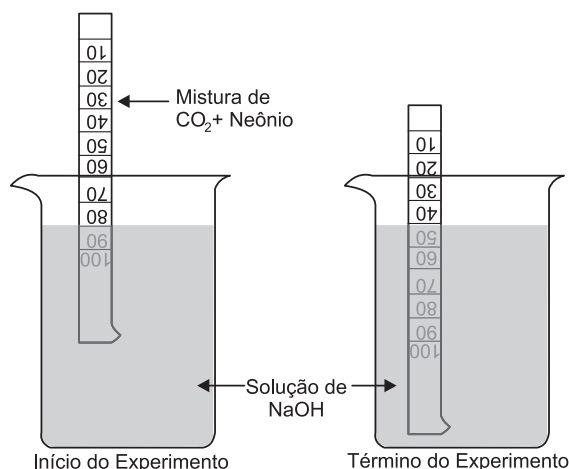
Ao adicionarmos NaCN, conforme a equação acima, aumentamos a concentração de cianeto (CN^-) no equilíbrio do HCN. Isto provoca um deslocamento do equilíbrio para a formação dos reagentes, aumentando a concentração de HCN e diminuindo a concentração de H^+ . Como o ácido fica menos ionizado, o grau de ionização diminui.

Resposta: Diminuirá.

18. (UNICAMP-SP) – O gás carbônico, CO_2 , é pouco solúvel em água. Esse processo de dissolução pode ser representado pela equação:



Essa dissolução é muito aumentada quando se adiciona NaOH na água. Para se determinar a quantidade de CO_2 em uma mistura desse gás com o gás nobre neônio, foi realizado um experimento. O esquema a seguir mostra o experimento e o resultado observado. A proveta está graduada em mililitros (mL).

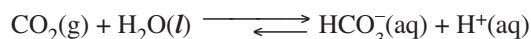
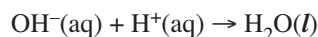


Sabendo que não houve variação de temperatura durante o experimento e considerando desprezíveis a solubilidade do gás neônio em água e a pressão de vapor da água nessas condições:

- como a presença de NaOH aumenta a dissolução do gás carbônico na água?
- calcule a pressão parcial do CO_2 na mistura inicial, sabendo que a pressão ambiente é de 90kPa (quilopascal).

Resolução

- Os íons OH^- da solução de NaOH reagem com os íons H^+ da solução de CO_2 , deslocando o equilíbrio da dissolução do gás carbônico para a formação dos produtos. Desta maneira aumenta a dissolução do gás carbônico na água.



- Admitindo a total dissolução do gás carbônico no final da experiência, teríamos:

Início	Término
$\text{CO}_2 + \text{Neônio}$	Neônio
$V = 90 \text{ mL}$	$V = 50 \text{ mL}$

Podemos determinar os volumes iniciais de cada gás na mistura:

$$V_{\text{Neônio}} = 50 \text{ mL}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 90 \text{ mL} - 50 \text{ mL} = 40 \text{ mL}$$

A pressão parcial de um gás é diretamente proporcional ao seu volume parcial numa mistura de gases.

$$\frac{p_{\text{CO}_2}}{V_{\text{CO}_2}} = \frac{p_{\text{total}}}{V_{\text{total}}}$$

$$\frac{p_{\text{CO}_2}}{40 \text{ mL}} = \frac{90 \text{ kPa}}{90 \text{ mL}}$$

$$p_{\text{CO}_2} = 40 \text{ kPa}$$

Módulo 24 – pH e pOH

19. Qual o pH de uma solução de HCl 0,1mol/L?

Resolução

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

Como HCl é ácido forte, α é igual a 1.

$$[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-1} \text{ mol/L}$$

$$\text{Como } \text{pH} = -\log [\text{H}^+], \text{ temos: } \text{pH} = -\log 10^{-1} \therefore \text{pH} = 1$$

Resposta: O pH da solução é 1

20. Em uma solução aquosa 0,1mol/L, o ácido acético está 1% ionizado. Calcular a concentração hidrogeniônica e o pH da solução.

Resolução

$$[\text{H}^+] = \alpha \cdot M \begin{cases} M = 0,1 \text{ mol/L} \\ \alpha = 1\% \Rightarrow 0,01 \end{cases}$$

$$[\text{H}^+] = 0,01 \times 0,1 = 0,001 \therefore [\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

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

Como $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, temos que $\text{pH} = -\log 1 \cdot 10^{-3}$

$$\therefore \boxed{\text{pH} = 3}$$

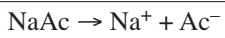
Resposta: $[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ e $\boxed{\text{pH} = 3}$

21. Qual a variação de pH de uma solução de ácido acético (HAc), quando se adiciona acetato de sódio (NaAc)?

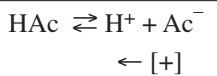
Resolução



Adiciona-se acetato de sódio:



Há um aumento de concentração de Ac^- e o equilíbrio



é deslocado no sentido de formação de HAc, causando uma diminuição da $[\text{H}^+]$ e, portanto, um aumento do pH.

Resposta: $\boxed{\text{pH aumenta}}$

22. O pH de uma solução de HCl é 2. Adicionando-se 1L de H_2O a 1L da solução de HCl, qual o novo pH?

Dado: $\log 2 = 0,3$.

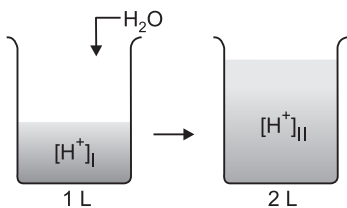
Resolução

$$\text{pH} = 2 \therefore \boxed{[\text{H}^+] = 1 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}}$$

Pela diluição, temos:

$$[\text{H}^+]_{\text{I}} \cdot V_{\text{I}} = [\text{H}^+]_{\text{II}} \cdot V_{\text{II}}$$

$$1 \cdot 10^{-2} \cdot 1 = [\text{H}^+]_{\text{II}} \cdot 2$$



$$[\text{H}^+]_{\text{II}} = \frac{1 \cdot 10^{-2}}{2} \text{ mol/L} \Rightarrow \text{concentração de } \text{H}^+ \text{ da solução}$$

final.

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

$$\text{pH} = -\log \left(\frac{1 \cdot 10^{-2}}{2} \right)$$

$$\text{pH} = -[\log 1 \cdot 10^{-2} - \log 2]$$

$$\text{pH} = -[-2 - 0,3]$$

$$\text{pH} = +2 + 0,3$$

$$\boxed{\text{pH} = 2,3}$$

Resposta: $\boxed{\text{O pH da solução final é } 2,3}$

23. (ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –

Um estudo caracterizou 5 ambientes aquáticos, nomeados de A a E, em uma região, medindo parâmetros físico-químicos de cada um deles, incluindo o pH nos ambientes. O gráfico I representa os valores de pH dos 5 ambientes.

Utilizando o gráfico II, que representa a distribuição estatística de espécies em diferentes faixas de pH, pode-se esperar um maior número de espécies no ambiente:

Gráfico I

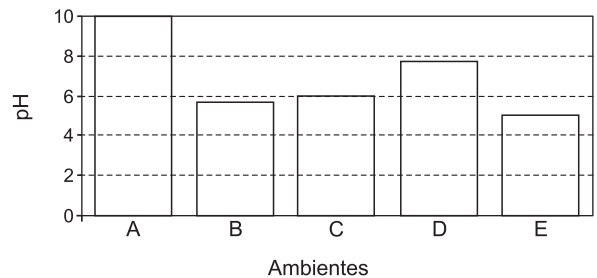
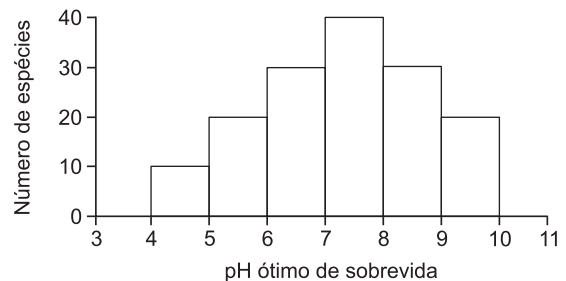


Gráfico II



- a) A. b) B. c) C. d) D. e) E.

Resolução

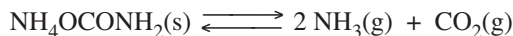
Pelo gráfico II, observamos que o maior número de espécies (40) ocorre no ambiente de pH ótimo de sobrevivência, situado entre 7 e 8.

No gráfico I, verificamos que o pH entre 7 e 8 corresponde ao ambiente D.

Resposta: **D**

Módulo 19 – Equilíbrio Químico II: Cálculo das Quantidades no Equilíbrio

1. (FUVEST-SP) – O carbamato de amônio sólido, NH_4OCNH_2 , decompõe-se facilmente, formando os gases NH_3 e CO_2 . Em recipiente fechado estabelece-se o equilíbrio:



A 20°C , a constante desse equilíbrio, em termos de concentração mol/L, é igual a 4×10^{-9} .

a) Um recipiente de 2L, evacuado, contendo inicialmente apenas carbamato de amônio na quantidade de 4×10^{-3} mol, foi mantido a 20°C até não se observar mais variação de pressão. Nessas condições, resta algum sólido dentro do recipiente?

Justifique com cálculos.

b) Para a decomposição do carbamato de amônio em sistema fechado, faça um gráfico da concentração de NH_3 em função do tempo, mostrando a situação de equilíbrio.

2. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Seja a reação:

	$\text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$			
	[CO]	[H ₂ O]	[CO ₂]	[H ₂]
início	a	b	0	0
equilíbrio	x	y	z	z

No equilíbrio, é necessário que:

- a) $x + y = 2z$ b) $b - y = 2z$ c) $a - x = z$
d) $x = z$ e) $x = y$

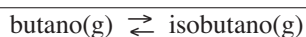
3. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Considere os dados abaixo, referentes à seguinte reação:

	$2 \text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{CO}_2(\text{g})$		
	[CO]	[O ₂]	[CO ₂]
início	0,8	0,6	0,0
equilíbrio	x	y	0,2

Os valores de x e y são, respectivamente:

- a) 0,7 e 0,5 b) 0,6 e 0,5 c) 0,5 e 0,4
d) 0,4 e 0,4 e) 0,2 e 0,1

4. (UNICAMP-SP) – Em um recipiente de $1,0 \text{ dm}^3$ introduz-se $0,10$ mol de butano gasoso, que em presença de um catalisador se isomerizou em isobutano:



A constante desse equilíbrio é 2,5 nas condições do experimento. Qual a concentração em mol/dm³ do isobutano no equilíbrio?

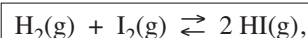
5. (IMT-SP) – Em um recipiente vazio, cuja capacidade é 4,00 litros, são introduzidos 20,85g de PCl_5 . Aquecido a 127°C , verifica-se que, estabelecido o equilíbrio $\text{PCl}_5 \rightleftharpoons \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$,

a pressão atingida pelo sistema resulta igual a 1,23 atm.

Admitindo que o comportamento do sistema seja o de um gás perfeito, calcule o grau de dissociação térmica do PCl_5 , no equilíbrio referido.

Dado: $P = 31 \text{ u}$ $Cl = 35,5 \text{ u}$ $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L/K} \cdot \text{mol}$

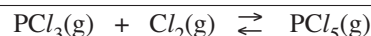
6. (FUVEST-SP) – Um recipiente fechado de 1 litro, contendo inicialmente, à temperatura ambiente, 1 mol de I_2 e 1 mol de H_2 , é aquecido a 300°C . Com isto, estabelece-se o equilíbrio:



cujas constantes é igual a $1,0 \times 10^2$. Qual a concentração, em mol/L, de cada uma das espécies $\text{H}_2(\text{g})$, $\text{I}_2(\text{g})$ e $\text{HI}(\text{g})$, nessas condições?

- a) 0, 0, 2 b) 1, 1, 10 c) 1/6, 1/6, 5/3
d) 1/6, 1/6, 5/6 e) 1/11, 1/11, 10/11

7. (UNIP-SP) – Considerando a reação



a constante de equilíbrio em termos de concentração (K_c) vale 1,8, a temperatura T.

Em um recipiente, a temperatura T, temos uma mistura dos três gases com as seguintes concentrações:

$[\text{PCl}_3] = 0,20 \text{ mol/L}$

$[\text{Cl}_2] = 0,25 \text{ mol/L}$

$[\text{PCl}_5] = 0,50 \text{ mol/L}$

Pode-se concluir que:

- a) o sistema se encontra em equilíbrio.
b) a concentração de PCl_5 irá diminuir.
c) a concentração de PCl_3 irá diminuir.
d) o sistema se encontra em equilíbrio, mas a concentração de Cl_2 irá diminuir.
e) a constante de equilíbrio K_c muda de 1,8 para 10, mantendo-se a temperatura constante.

8. (PUC-SP) – Um frasco a 25°C foi preenchido, exclusivamente, com tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4) ficando com pressão total de 3 atm.

Nessas condições, o N_2O_4 se decompõe formando o dióxido de nitrogênio (NO_2), segundo a equação $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$

Mantida a temperatura, após atingido o equilíbrio do sistema verifica-se que a pressão parcial do N_2O_4 é de 2,25 atm.

A pressão parcial do NO_2 após atingido o equilíbrio e a constante de equilíbrio de decomposição do N_2O_4 em função das pressões parciais (K_p) são, respectivamente,

- a) 1,5 atm e 1. b) 0,75 atm e 0,33.
c) 0,75 atm e 0,25. d) 1,5 atm e 0,67.
e) 0,75 atm e 3.

9. (AMAN) – Na formação do gás amônia, há o seguinte equilíbrio: $N_2 + 3H_2 \xrightleftharpoons[v_2]{v_1} 2NH_3$. A 300°C, o valor de

$K_c = 4,3 \cdot 10^{-3}$. A respeito desse equilíbrio, afirma-se:

I) Em determinado momento da evolução da reação, foram determinados os seguintes valores:

$[N_2] = [H_2] = [NH_3] = 0,1 \text{ mol/L}$, o que indica que ela atingiu o equilíbrio.

II) A expressão de equilíbrio para a reação é dada por:

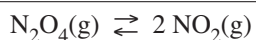
$$K_c = [NH_3]^2 / [N_2] \cdot [H_2]^3$$

III) Para esta reação atingir o equilíbrio, em qualquer temperatura, é necessário que $v_1 = v_2$.

Assinale a alternativa correta.

- As afirmativas II e III estão corretas.
- As afirmativas I e II estão corretas.
- As afirmativas I e III estão corretas.
- Somente a afirmativa II está correta.
- Somente a afirmativa III está correta.

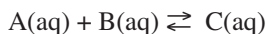
10. (IMT-SP) – Em um recipiente indeformável de 10 litros, são colocados 46g de $N_2O_4(g)$. O sistema é aquecido até 27°C, ocorrendo a reação representada pela equação:



Sabendo-se que, a essa temperatura, o grau de dissociação do $N_2O_4(g)$ é igual a 20%, calcule a pressão parcial do $N_2O_4(g)$ no sistema.

Dado: N = 14u O = 16u R = 0,082 atm . L/K . mol

11. (UFV-MG) – Considere a reação hipotética representada abaixo pela equação:



Em um recipiente foram colocados 4,0 mols da substância A para reagir com 9,0 mols da substância B e o volume foi completado para 1L (um litro) com água. Depois de estabelecido o equilíbrio do sistema verificou-se que existiam 3,0 mols de C. Faça o que se pede:

- Escreva a expressão da constante de equilíbrio da reação.
- Calcule a quantidade de B, em mols, após estabelecido o equilíbrio.
- Calcule a constante de equilíbrio da reação.
- Calcule a quantidade de A, em porcentagem, que foi consumida na reação.

12. (PUC-SP) – Num recipiente fechado estão contidos 495g de $COCl_2$ à temperatura de 27°C, apresentando uma pressão de 1,23 atm. O sistema é aquecido até 327°C, quando ocorre a reação:

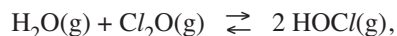


Atingido o equilíbrio, verifica-se a existência de 30% (em quantidade de matéria) de CO na mistura gasosa formada. Calcule a constante de equilíbrio da reação acima, em termos de concentrações na temperatura em que se encontra o sistema.

Dados: C = 12u O = 16u Cl = 35,5u

R = 0,082 atm . L . K⁻¹ . mol⁻¹

13. (ITA-SP) – A constante de equilíbrio da reação:



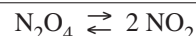
a 25°C, é $K_c = K_p = 0,0900$. Recipientes fechados, numerados de I até IV, e mantidos na temperatura de 25°C, contêm somente as três espécies químicas gasosas envolvidas na reação acima. Imediatamente após cada recipiente ter sido fechado, as pressões e/ou as quantidades de cada uma dessas substâncias, em cada um dos recipientes, são:

- 5mmHg de $H_2O(g)$; 400mmHg de $Cl_2O(g)$ e 10mmHg de $HOCl(g)$.
- 10mmHg de $H_2O(g)$; 200mmHg de $Cl_2O(g)$ e 10mmHg de $HOCl(g)$.
- 1,0 mol de $H_2O(g)$; 0,080 mol de $Cl_2O(g)$ e 0,0080 mol de $HOCl(g)$.
- 0,50 mol de $H_2O(g)$; 0,0010 mol de $Cl_2O(g)$ e 0,20 mol de $HOCl(g)$.

É correto afirmar que:

- Todos os recipientes contêm misturas gasosas em equilíbrio químico.
- Todos os recipientes não contêm misturas gasosas em equilíbrio químico e, em todos eles, o avanço da reação se dá no sentido da esquerda para a direita.
- A mistura gasosa do recipiente III não está em equilíbrio químico e a reação avança no sentido da esquerda para a direita.
- A mistura gasosa do recipiente IV não está em equilíbrio químico e a reação avança no sentido da esquerda para a direita.
- As misturas gasosas dos recipientes I e II não estão em equilíbrio químico e as reações avançam no sentido da direita para a esquerda.

14. (UNESP-SP) – O equilíbrio gasoso

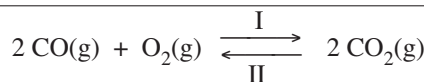


apresenta, a uma dada temperatura, constante de equilíbrio $K_c = 2$. Nessa temperatura foram feitas duas misturas diferentes, A e B, cada uma acondicionada em recipiente fechado, isolado e distinto. As condições iniciais mostram-se na tabela a seguir.

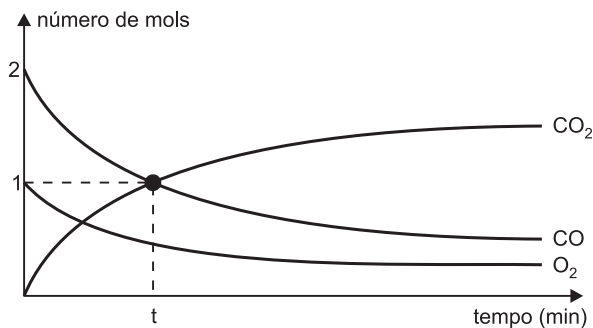
Mistura	$[NO_2]/\text{mol/L}$	$[N_2O_4]/\text{mol/L}$
A	2×10^{-2}	2×10^{-4}
B	2×10^{-1}	1×10^{-3}

- Efetue os cálculos necessários e conclua se a mistura A se encontra ou não em situação de equilíbrio.
- Efetue os cálculos necessários e conclua se a mistura B se encontra ou não em situação de equilíbrio.

15. (UFRJ) – O monóxido de carbono e o dióxido de carbono coexistem em equilíbrio quando são colocados em um recipiente fechado, a temperatura constante.



O gráfico a seguir representa a variação do número de mols em função do tempo, quando a reação apresentada é realizada em um recipiente de 1 litro.



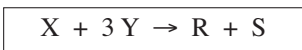
Sabendo que, até atingir o equilíbrio, 1,5 mol de monóxido de carbono foi consumido, calcule a razão entre as velocidades das reações I e II (v_I / v_{II}) no instante t indicado no gráfico.

16. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS – MODELO ENEM) – Considere os seguintes dados referentes a uma reação química:

	Reagentes		Produtos	
	[X]	[Y]	[R]	[S]
Estado inicial	1	2	0	0
Estado de equilíbrio	0,5	0,5	0,5	0,5

Com esses dados, conclui-se que:

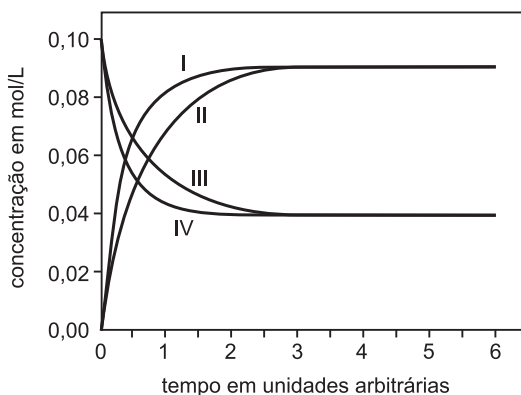
- I) A constante de equilíbrio da reação é igual a zero.
 II) A reação é representada pela equação:



III) Quaisquer que sejam as concentrações iniciais, as de equilíbrio serão sempre todas iguais.

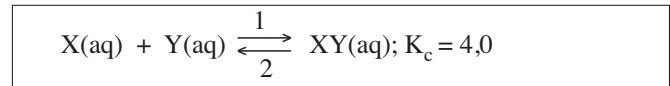
- a) Somente a afirmativa I é correta.
 b) Somente a afirmativa II é correta.
 c) Somente a afirmativa III é correta.
 d) Somente as afirmativas I e II são corretas.
 e) As afirmativas I, II e III são corretas.

17. (UNICAMP-SP) – A figura a seguir representa, sob o ponto de vista cinético, a evolução de uma reação química hipotética na qual o reagente **A** se transforma no produto **B**. Das curvas I, II, III e IV, duas dizem respeito à reação catalisada e duas, à reação não catalisada.



- a) Quais das curvas representam as concentrações de **A** e de **B**, em função do tempo, para a reação não catalisada? Indique a curva que se refere à concentração de **A** e a curva que se refere à concentração de **B**.
 b) Calcule o valor da constante de equilíbrio para a reação de transformação de **A** em **B**.

18. (ITA-SP) – Em 5 copos marcados, A, B, C, D e E, existem soluções com concentrações iniciais das substâncias X, Y e XY, dadas nas alternativas abaixo. Sabe-se que entre essas substâncias pode-se estabelecer o equilíbrio:

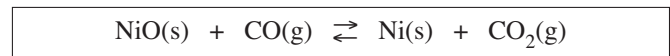


K_c é a respectiva constante de equilíbrio a 25°C.

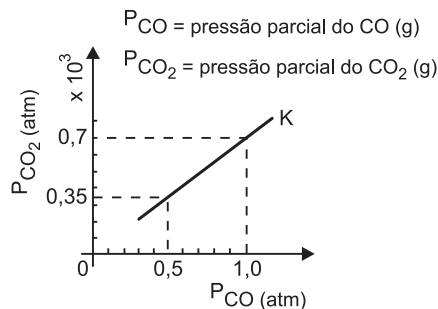
Em qual dos copos abaixo, todos a 25°C, podemos esperar que a concentração inicial de XY vá diminuir?

	X mol/L	Y mol/L	XY mol/L
A	1,0	1,0	1,0
B	4,0	4,0	10,0
C	4,0	4,0	1,0
D	2,0	1,0	4,0
E	1,0	0,5	4,0

19. (CESGRANRIO) – A uma dada temperatura T , a reação química expressa pela equação química:



tem sua constante de equilíbrio, em termos de pressões parciais (K_p), representada no gráfico pela reta K .



Considere o quadro abaixo e assinale a opção **errada**:

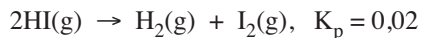
	$\frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}$	Efeito sobre a reação
a)	$5,0 \times 10^2$	NiO(s) é reduzido pelo CO(g)
b)	$7,0 \times 10^2$	o equilíbrio químico é alcançado
c)	$1,0 \times 10^3$	Ni(s) se transforma em NiO(s)
d)	1,0	CO(g) se transforma em CO ₂ (g)
e)	$4,0 \times 10^2$	CO ₂ (g) se transforma em CO(g)

20. (UNICAMP-SP) – A constante de equilíbrio (K), a 100°C , para o sistema gasoso representado abaixo, é menor que 1 ($K < 1$).



- Escreva a expressão da constante de equilíbrio em função das pressões parciais dos gases envolvidos.
- Em um recipiente previamente evacuado, a 100°C , são misturados 1,0 mol de cada um dos três gases acima. Após algum tempo, o sistema atinge o equilíbrio. Como se alterou (aumentou, diminuiu ou permaneceu constante) a concentração de cada um dos três gases em relação à concentração inicial?

21. (UFPE/UFRPE) – Considere o sistema em equilíbrio:



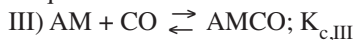
Qual o valor da constante de equilíbrio da reação inversa nas mesmas condições?

22. (ITA-SP) – O transporte de oxigênio (O_2) no organismo de vertebrados, via fluxo sanguíneo, é feito pela interação entre hemoglobina (Hb) e oxigênio. O monóxido de carbono (CO) em concentrações não tão elevadas (700 ppm) substitui o oxigênio na molécula de hemoglobina. As interações entre O_2 e CO com a molécula de hemoglobina podem ser representadas, respectivamente, pelas seguintes equações químicas:



em que $K_{c,I}$ e $K_{c,II}$ são as constantes de equilíbrio para as respectivas interações químicas.

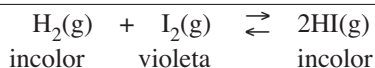
A formação de HbCO é desfavorecida pela presença de azul de metileno (AM). Esta substância tem maior tendência de interagir com o CO do que este com a hemoglobina. A reação do CO com o AM pode ser representada pela equação química:



Com base nestas informações, para uma mesma temperatura, é correto afirmar que

- $K_{c,I} < K_{c,II} < K_{c,III}$.
- $K_{c,I} < K_{c,III} < K_{c,II}$.
- $K_{c,II} < K_{c,III} < K_{c,I}$.
- $K_{c,II} < K_{c,I} < K_{c,III}$.
- $K_{c,III} < K_{c,I} < K_{c,II}$.

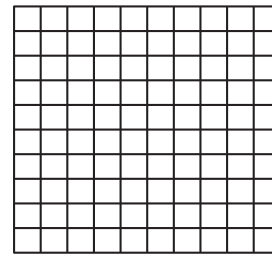
23. (FUVEST-SP) – O equilíbrio



tem, a 370°C , constante K_c igual a 64.

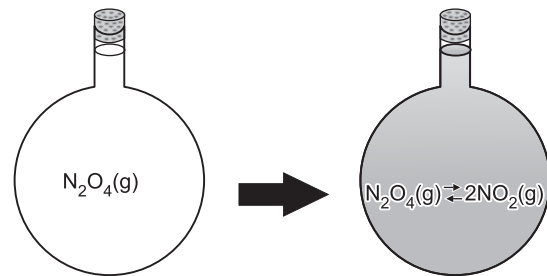
Para estudar esse equilíbrio, foram feitas 2 experiências independentes A e B:

- 0,10 mol de cada gás, H_2 e I_2 , foram colocados em um recipiente adequado de 1L, mantido a 370°C até atingir o equilíbrio (a intensidade da cor não muda mais).
- 0,20 mol do gás HI foi colocado em um recipiente de 1L, idêntico ao utilizado em A, mantido a 370°C até atingir o equilíbrio (a intensidade da cor não muda mais).



- Atingido o equilíbrio em A e em B, é possível distinguir os recipientes pela intensidade da coloração violeta? Justifique.
- Para a experiência A, calcule a concentração de cada gás no equilíbrio. Mostre, em um gráfico de concentração (no quadriculado acima), como variam, em função do tempo, as concentrações desses gases até que o equilíbrio seja atingido. Identifique as curvas no gráfico.

24. (UFBA)



pressão do $\text{N}_2\text{O}_4 = 3,0 \text{ atm}$

pressão do $\text{N}_2\text{O}_4 = 1,0 \text{ atm}$

Um dos grandes progressos da história da Química foi a compreensão de que as reações químicas nem sempre se completam, isto é, nem sempre apresentam rendimento 100%. Os químicos observaram que, em muitos casos, mesmo após tempo suficientemente prolongado para que a reação se processe, ainda restam reagentes no sistema.

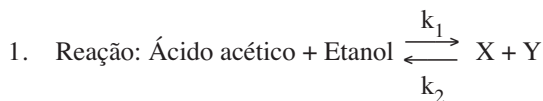
Um sistema em que há apenas reagentes pode convergir para uma situação em que reagentes e produtos coexistam com concentrações invariáveis ao longo do tempo, desde que sejam mantidas as mesmas condições.

A constante de equilíbrio desempenha papel importante na compreensão do conceito de equilíbrio químico, em razão de informar a composição, as concentrações de reagentes e de produtos de um sistema, bem como o sentido que o equilíbrio favorece.

Considere uma amostra de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ a 3,0 atm deixada inicialmente em repouso, em um recipiente fechado de 1,0L, que atinge o equilíbrio representado pela equação $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$, quando a pressão parcial desse gás é 1,0 atm, a determinada temperatura.

A partir da ilustração, das considerações do texto e com base nessas informações, determine a pressão parcial de $\text{NO}_2(\text{g})$, o valor da constante de equilíbrio, K_p , e expresse, em números inteiros aproximados, a porcentagem de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ que reagiu, justificando o sentido da reação favorecido pelo equilíbrio.

25. (UFRN) – Um estudante, ao entrar no laboratório de Química de sua escola, depara-se com dois frascos de reagentes sobre a bancada. No rótulo de um, estava escrito: Ácido Acético ($C_2H_4O_2$); no outro, Etanol (C_2H_6O). Ele também percebeu que, no quadro do laboratório, estavam escritas as informações seguintes:



2. Volume total da solução: 1,0 litro

3. Constante de Equilíbrio: $K_c = k_1/k_2 = 3$

4. Dados:

	Reagentes		Produtos	
	Ácido Acético	Etanol	X	Y
INICIAL	2 mol	3 mol	0	0
EQUILÍBRIO	2 - x	3 - x	x	x

Com base na interpretação das informações disponíveis, atenda às seguintes solicitações.

- Escrever e balancear a reação química que se processa usando-se as fórmulas estruturais planas.
- Calcular quantos mols de cada componente existem na mistura em equilíbrio.

Módulo 20 – Deslocamento de Equilíbrio

1. (UFFS-BA) – O equilíbrio entre a hemoglobina, Hm, o monóxido de carbono e o oxigênio pode ser representado pela equação



sendo a constante de equilíbrio:

$$K_c = \frac{[HmCO][O_2]}{[HmO_2][CO]} = 210$$

A partir dessa informação, pode-se afirmar:

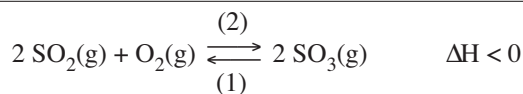
- O CO é perigoso, porque forma uma espécie mais estável com a hemoglobina que o O_2 .
- O valor 210 significa que a reação ocorre mais no sentido dos reagentes.
- O CO seria um veneno mais perigoso, se K_c fosse menor que 1.
- O envenenamento pode ser evitado, diminuindo-se a concentração do O_2 .
- A reação desloca-se para a direita, retirando-se o CO.

2. (UNESP-SP) – Os corais, animais marinhos encontrados unicamente em mares tropicais, são dotados de um esqueleto formado por carbonato de cálcio. O carbonato de cálcio é capaz de reagir com água e com o gás carbônico nela dissolvido, para

formar o sal solúvel bicarbonato de cálcio.

- Escreva a equação balanceada de dissolução do carbonato de cálcio, segundo a reação mencionada, indicando o estado físico de cada reagente.
- Sabendo que a dissolução de dióxido de carbono em água é um processo exotérmico, justifique por que não existem corais em mares frios.

3. (CESGRANRIO) – A equação química abaixo representa um sistema gasoso em equilíbrio.



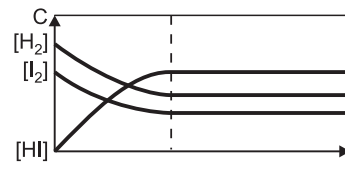
Em relação ao mesmo sistema, são feitas as seguintes afirmações:

- Se a concentração do $SO_2(g)$ for aumentada, o equilíbrio se deslocará no sentido (1).
- Se a pressão parcial do $SO_3(g)$ for reduzida, o equilíbrio se deslocará no sentido (1).
- Se a temperatura do sistema for reduzida, o equilíbrio se deslocará no sentido (2).
- Se a pressão total do sistema for reduzida, o equilíbrio se deslocará no sentido (1).
- Se um catalisador for introduzido no sistema, o equilíbrio não se alterará.

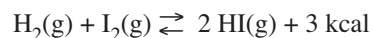
Estão corretas somente:

- I, III e IV.
- III, IV e V.
- I, II e III.
- I, II e V.
- II, IV e V.

4. (CESGRANRIO)

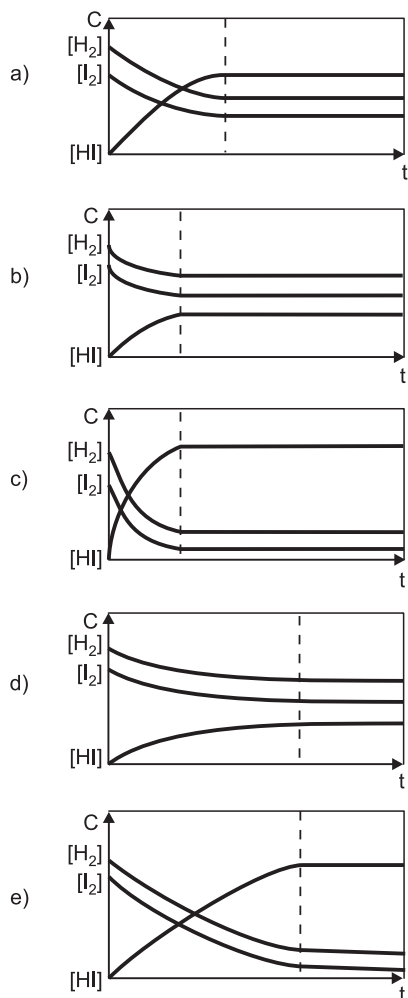


O gráfico acima representa, aproximadamente, as variações, em função do tempo (t), das concentrações (C) de produtos e reagentes para a reação:

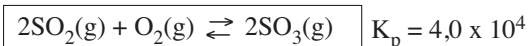


quando realizada sob determinadas condições de temperatura e pressão.

Assinale, dentre as opções a seguir, aquela que melhor representará o gráfico das variações, em concentrações, dos mesmos reagentes e produtos com o tempo, quando a reação for realizada à mesma pressão, porém a uma temperatura mais elevada.



5. (FUVEST-SP) – O Brasil produz, anualmente, cerca de 6×10^6 toneladas de ácido sulfúrico pelo processo de contacto. Em uma das etapas do processo há, em fase gasosa, o equilíbrio



que se estabelece à pressão total de P atm e temperatura constante. Nessa temperatura, para que o valor da relação

$$\frac{x_{\text{SO}_3}^2}{x_{\text{SO}_2}^2 x_{\text{O}_2}}$$

seja igual a $6,0 \times 10^4$, o valor de P deve ser

- a) 1,5 b) 3,0 c) 15 d) 30 e) 50

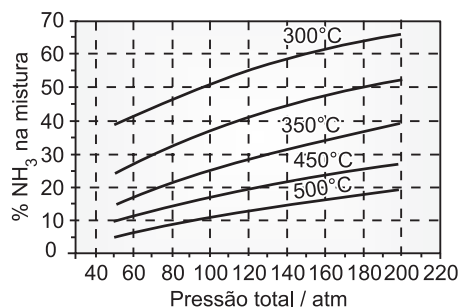
x = fração em quantidade de matéria (fração molar) de cada constituinte na mistura gasosa

K_p = constante de equilíbrio

6. (UNICAMP-SP) – A “revolução verde”, que compreende a grande utilização de fertilizantes inorgânicos na agricultura, fez surgir a esperança de vida para uma população mundial cada vez mais crescente e, portanto, mais necessitada de alimentos.

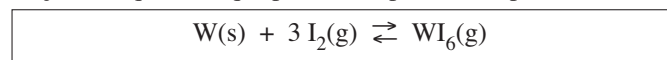
O nitrogênio é um dos principais constituintes de fertilizantes sintéticos de origem não orgânica. Pode aparecer na forma de ureia, sulfato de amônio, fosfato de amônio etc., produtos cuja produção industrial depende da amônia como reagente inicial. A produção de amônia, por sua vez, envolve a reação entre o gás nitrogênio e o gás hidrogênio. A figura a seguir mostra, apro-

ximadamente, as porcentagens de amônia em equilíbrio com os gases nitrogênio e hidrogênio, na mistura da reação de síntese.



- a) A reação de síntese da amônia é um processo endotérmico? Justifique.
 b) Imagine que uma síntese feita à temperatura de 450°C e pressão de 120 atm tenha produzido 50 toneladas de amônia até o equilíbrio. Se ela tivesse sido feita à temperatura de 300°C e à pressão de 100 atm, quantas toneladas a mais de amônia seriam obtidas? Mostre os cálculos.
 c) Na figura, a curva não sinalizada com o valor de temperatura pode corresponder aos dados de equilíbrio para uma reação realizada a 400°C na presença de um catalisador? Justifique.

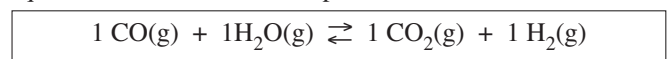
7. (UNICAMP-SP) – Nas lâmpadas comuns, quando estão acesas, o tungstênio do filamento sublima, depositando-se na superfície interna do bulbo. Nas chamadas “lâmpadas halógenas” existe, em seu interior, iodo para diminuir a deposição de tungstênio. Estas, quando acesas, apresentam uma reação de equilíbrio que pode ser representada por:



Na superfície do filamento (região de temperatura elevada), o equilíbrio está deslocado para a esquerda. Próximo à superfície do bulbo (região mais fria), o equilíbrio está deslocado para a direita.

- a) Escreva a expressão para a constante de equilíbrio.
 b) A formação do $\text{WI}_6(\text{g})$, a partir dos elementos, conforme a equação acima, é exotérmica ou endotérmica? Justifique a resposta.

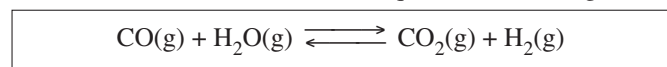
8. (UEL-PR – MODELO ENEM) – Considere o seguinte equilíbrio, estabelecido à temperatura T:



Sem alterar a temperatura, é possível aumentar a quantidade em mols de dióxido de carbono,

- I) acrescentando mais monóxido de carbono à mistura em equilíbrio.
 II) acrescentando um gás inerte à mistura em equilíbrio.
 III) aumentando a pressão da mistura em equilíbrio.
 a) Somente I é certa. b) Somente II é certa.
 c) Somente III é certa. d) Todas erradas.
 e) Outra combinação.

9. (FUVEST-SP) – Considere o equilíbrio, em fase gasosa,



cuja constante K , à temperatura de 430°C , é igual a 4.

Em um frasco de 1,0 L, mantido a 430°C , foram misturados 1,0 mol de CO , 1,0 mol de H_2O , 3,0 mol de CO_2 e 3,0 mol de H_2 . Esperou-se até o equilíbrio ser atingido.

- Em qual sentido, no de formar mais CO ou de consumi-lo, a rapidez da reação é maior, até se igualar no equilíbrio? Justifique.
- Calcule as concentrações de equilíbrio de cada uma das espécies envolvidas (*Lembrete*: $4 = 2^2$).

Obs.: Considerou-se que todos os gases envolvidos têm comportamento de gás ideal.

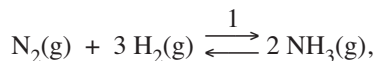
10. Em um recipiente fechado estão em equilíbrio os componentes da seguinte reação química:



Pergunta-se em que sentido se desloca o equilíbrio, quando se adiciona, separadamente:

- KI
- NaOH
- AgNO_3

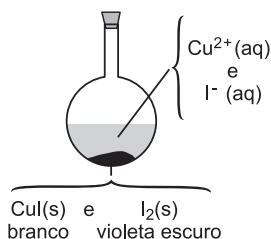
11. (ITA-SP) – Um bom catalisador para a reação:



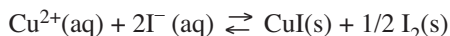
que no sentido 1 é exotérmica:

- deverá ser um bom inibidor para a reação de decomposição térmica do $\text{NH}_3(\text{g})$.
- formará maior quantidade de NH_3 no equilíbrio, somente se a temperatura for aumentada.
- deverá ser capaz de converter integralmente em NH_3 misturas estequiométricas dos reagentes, qualquer que seja o valor da constante de equilíbrio.
- formará maior quantidade de NH_3 , no equilíbrio, somente se a pressão for reduzida.
- nenhuma das alternativas anteriores é correta.

12. (FUVEST-SP)



No sistema aquoso representado acima, existe o seguinte equilíbrio químico:



Ao balão foi acrescentado benzeno, que é um líquido incolor, imiscível com água, no qual, dentre as espécies do equilíbrio, somente o iodo é muito solúvel, conferindo-lhe cor vermelha. Como resultado de tal perturbação, após agitação e repouso, estabelece-se um novo estado de equilíbrio. Em relação à situação inicial, têm-se agora:

- maior $[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]$, maior quantidade de $\text{CuI}(\text{s})$ e benzeno vermelho.
- maior $[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]$, menor quantidade de $\text{CuI}(\text{s})$ e benzeno incolor.
- menor $[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]$, menor quantidade de $\text{CuI}(\text{s})$ e benzeno vermelho.
- menor $[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]$, menor quantidade de $\text{CuI}(\text{s})$ e benzeno incolor.
- menor $[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]$, maior quantidade de $\text{CuI}(\text{s})$ e benzeno vermelho.

13. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – O valor da constante de equilíbrio para determinada reação, nas condições ambientais de pressão e de temperatura, é:

$$K = \frac{[\text{Produto}]}{[\text{Reagente X}]^2 [\text{Reagente Y}]^3} = 10$$

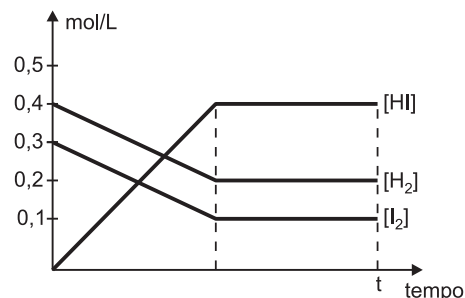
Nessas condições, aumentou-se a concentração do reagente Y. Restabelecido o equilíbrio da reação, observou-se que:

- K se tornou superior a 10.
- K se tornou inferior a 10.
- houve aumento da concentração do produto.
- houve diminuição da concentração do produto.
- houve aumento da concentração do reagente X.

14. (UNIP-SP) – Para a reação química

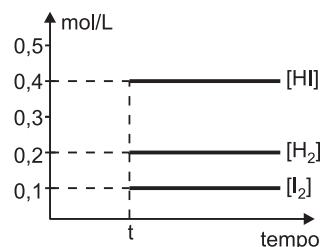


a concentração de cada substância se modifica até atingir o equilíbrio na temperatura T_1 e pressão P_1 .

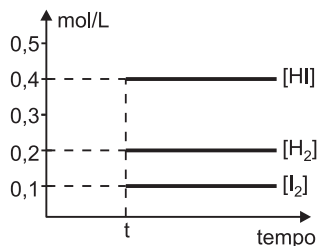


No instante t é feita alguma modificação. Escolha o gráfico que **não** descreve a reação do equilíbrio à modificação introduzida:

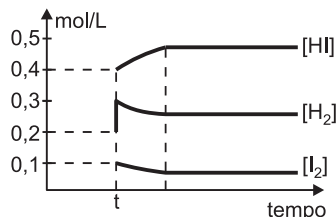
- A pressão total foi aumentada para P_2 , pela adição de um gás inerte ($P_2 > P_1$).



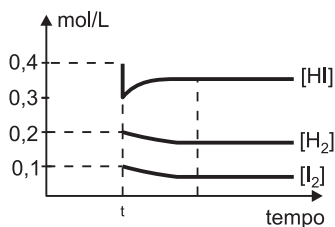
b) Adicionou-se um catalisador no sistema:



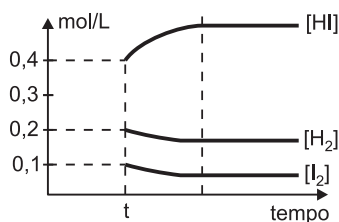
c) Adicionou-se H₂ ao sistema:



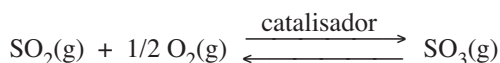
d) Retira-se HI do sistema:



e) A temperatura foi elevada para T₂ (T₂ > T₁):

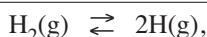


15. (FUVEST-SP) – A obtenção de SO₃(g) pode ser representada por:



A formação de SO₃(g), por ser exotérmica, é favorecida a baixas temperaturas (temperatura ambiente). Entretanto, na prática, a obtenção de SO₃(g), a partir de SO₂(g) e O₂(g), é realizada a altas temperaturas (420°C). Justifique esta aparente contradição.

16. (ITA-SP) – Duplicando a pressão suportada pela mistura gasosa em equilíbrio representada pela seguinte equação:

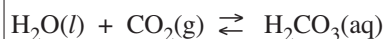


observa-se que o volume final é menor do que a metade do volume inicial; a temperatura é mantida constante.

A lei PV = constante não é obedecida, neste caso, porque:

- com o aumento da pressão, forma-se mais hidrogênio atômico, a partir de H₂;
- essa lei não se aplica a gases de moléculas monoatômicas;
- embora a massa da mistura não varie, a quantidade de matéria diminui;
- a reação da dissociação é exotérmica;
- a constante de equilíbrio é muito pequena.

17. (UNIP-SP – MODELO ENEM) – A formação de estalactites nas cavernas deve-se aos equilíbrios simultâneos:



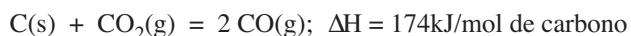
A formação de estalactites é, portanto, favorecida em ambientes ricos em:

- vapor-d'água
- cátions cálcio
- cátions hidrogênio

Obedeça ao código:

- Somente I é correta.
- Somente II é correta.
- Somente III é correta.
- Somente I e II são corretas.
- I, II e III são corretas.

18. (UNICAMP-SP) – A reação de transformação do dióxido de carbono em monóxido de carbono, representada pela equação abaixo, é muito importante em alguns processos metalúrgicos.



A constante de equilíbrio dessa reação pode ser expressa, em termos de pressões parciais, como:

$$K = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}}$$

Qual é o efeito sobre este equilíbrio, quando:

- se adiciona carbono sólido?
- se aumenta a temperatura?
- se introduz um catalisador?

Justifique suas respostas.

19. (UFRJ) – Em um recipiente fechado e mantido à temperatura constante, foram adicionadas substâncias ○○ e ◻▷, formadas pelos elementos ◻, △ e ○, como mostra a Figura 1. A mistura contida no recipiente foi posta para reagir até atingir o equilíbrio, como representado na Figura 2.

Todas as substâncias estão no estado gasoso.

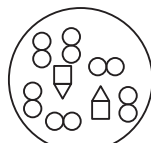


Fig. 1

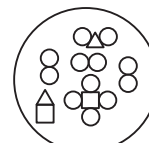


Fig. 2

- a) Dê a equação balanceada que representa a reação.
 b) Explique a influência do aumento de pressão no deslocamento do equilíbrio do sistema reacional que está representado na Figura 2.

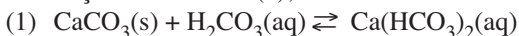
20. (UFMG – MODELO ENEM) – Um tubo de vidro fechado contém NO_2 gasoso em equilíbrio com o N_2O_4 gasoso, a 25°C .

Esse tubo é aquecido até 50°C e, então, observa-se uma diminuição da concentração do N_2O_4 .

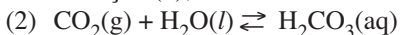
É correto afirmar que, no processo descrito, parte da energia fornecida no aquecimento é utilizada para

- a) favorecer a ocorrência da reação exotérmica.
 b) diminuir a agitação térmica das moléculas.
 c) quebrar ligações covalentes.
 d) diminuir o número de moléculas no tubo.

21. (UFF-RJ – MODELO ENEM) – A água que corre na superfície da Terra pode se tornar ligeiramente ácida devido à dissolução do CO_2 da atmosfera e à dissolução de ácidos resultantes da decomposição dos vegetais. Quando essa água encontra um terreno calcário, tem início um processo de dissolução descrito em (1), abaixo:



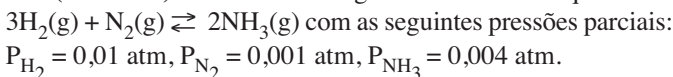
Isso, em razão do CaCO_3 ser insolúvel em água e o carbonato ácido ser bem mais solúvel. Inicia-se um processo de erosão química do calcário, que demora milhares de anos. À medida que a água vai-se aprofundando no terreno, a pressão da coluna-d'água provoca um aumento da dissolução do CO_2 na água, de acordo com a reação (2), abaixo:



Variando-se a pressão, a posição de equilíbrio se altera. Quando a água goteja do teto de uma caverna, ela passa de uma pressão maior para uma pressão menor. Essa diminuição de pressão faz com que:

- a) o equilíbrio (2) e por consequência o equilíbrio (1) se desloquem para a esquerda.
 b) o equilíbrio (2) se desloque para a direita e por consequência o equilíbrio (1) para a esquerda.
 c) apenas o equilíbrio (1) se desloque para a direita.
 d) o equilíbrio (2) e por consequência o equilíbrio (1) se desloquem para a direita.
 e) o equilíbrio (2) se desloque para a esquerda e por consequência o equilíbrio (1) para a direita.

22. (UFC-CE) – Considere a seguinte mistura em equilíbrio:

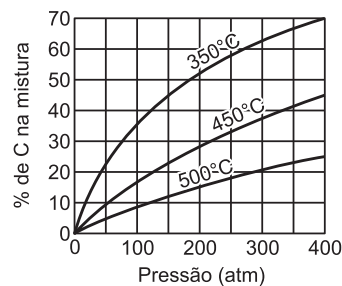


- a) Calcule a constante de equilíbrio em função das pressões parciais, K_p , para essa reação.
 b) Considere que após 5 minutos do equilíbrio ser atingido, é adicionado $\text{H}_2(\text{g})$, de modo que sua pressão parcial é elevada para $0,10 \text{ atm}$. Desenhe um gráfico, mostrando o perfil qualitativo das pressões parciais de todas as espécies presentes em função do tempo.

23. (FUVEST-SP) – Em determinado processo industrial, ocorre uma transformação química, que pode ser representada pela equação genérica



em que x , y e z são, respectivamente, os coeficientes estequiométricos das substâncias A, B e C.

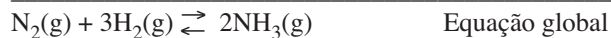


O gráfico representa a porcentagem, em mols, de C na mistura, sob várias condições de pressão e temperatura. Com base nesses dados, pode-se afirmar que essa reação é

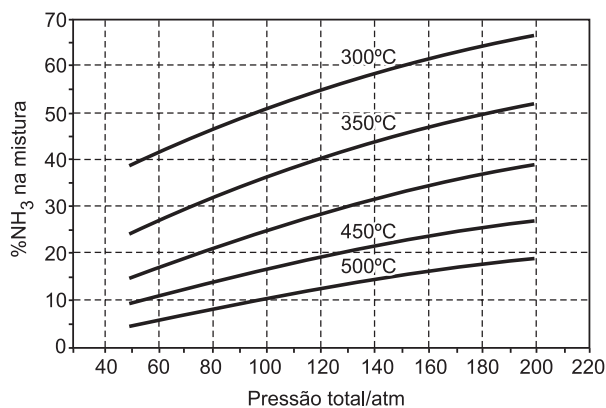
- a) exotérmica, sendo $x + y = z$
 b) endotérmica, sendo $x + y < z$
 c) exotérmica, sendo $x + y > z$
 d) endotérmica, sendo $x + y = z$
 e) endotérmica, sendo $x + y > z$

24. (UFSC) – O processo industrial de produção da amônia (NH_3) envolve os equilíbrios químicos representados pelas equações:

- I. $\text{N}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{H}_4(\text{g})$ Etapa lenta
 II. $\text{N}_2\text{H}_4(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$ Etapa rápida



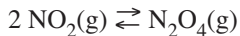
A figura a seguir mostra, aproximadamente, as porcentagens de amônia em equilíbrio com os gases nitrogênio e hidrogênio na mistura da reação.



De acordo com as informações do enunciado e com o gráfico acima, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

01. A formação da amônia é favorecida em condições de alta pressão e baixa temperatura.
 02. A equação de velocidade da reação é $v = k [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3$.
 04. A reação de formação da amônia é um processo endotérmico.
 08. Em recipiente fechado, à pressão constante, o aumento da temperatura favorece a decomposição da amônia.
 16. A curva, cuja temperatura não é indicada no gráfico, pode representar uma reação realizada a 500°C na presença de um catalisador.
 32. A equação de velocidade da reação é $v = k [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^2$.

25. (UNIFESP – MODELO ENEM) – Poluentes como óxidos de enxofre e de nitrogênio presentes na atmosfera formam ácidos fortes, aumentando a acidez da água da chuva. A chuva ácida pode causar muitos problemas para as plantas, animais, solo, água, e também às pessoas. O dióxido de nitrogênio, gás castanho, em um recipiente fechado, apresenta-se em equilíbrio químico com um gás incolor, segundo a equação:



Quando esse recipiente é colocado em um banho de água e gelo, o gás torna-se incolor. Em relação a esse sistema, são feitas as seguintes afirmações:

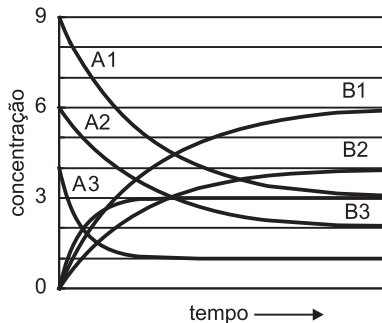
- I. A reação no sentido da formação do gás incolor é exotérmica.
- II. Com o aumento da pressão do sistema, a cor castanha é atenuada.
- III. Quando o sistema absorve calor, a cor castanha é acentuada.

Dentre as afirmações, as corretas são:

- a) I, apenas. b) III, apenas. c) I e III, apenas.
d) II e III, apenas. e) I, II e III.

Módulo 21 – Deslocamento de Equilíbrio

1. (FUVEST-SP) – A transformação de um composto A em um composto B, até se atingir o equilíbrio ($A \rightleftharpoons B$), foi estudada em três experimentos. De um experimento para o outro, variou-se a concentração inicial do reagente A ou a temperatura ou ambas. Registraram-se as concentrações de reagente e produto em função do tempo.



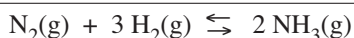
Com esses dados, afirma-se:

- I. Os experimentos 1 e 2 foram realizados à mesma temperatura, pois as constantes de equilíbrio correspondentes são iguais.
- II. O experimento 3 foi realizado numa temperatura mais elevada que o experimento 1, pois no experimento 3 o equilíbrio foi atingido em um tempo menor.
- III. A reação é endotérmica no sentido da formação do produto B.

Dessas afirmações,

- a) todas são corretas. b) apenas I e III são corretas.
c) apenas II e III são corretas. d) apenas I é correta.
e) apenas II é correta.

2. (ITA-SP) – Para esta questão, utilize a equação:

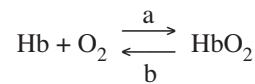


A lei de Boyle-Mariotte ($pV = \text{constante}$) não é obedecida no caso da mistura gasosa em equilíbrio químico, à temperatura

elevada constante, porque:

- a) NH_3 não é uma substância simples.
- b) o equilíbrio químico independe da pressão.
- c) a massa em gramas não permanece constante.
- d) a quantidade de matéria total varia com a pressão.
- e) a lei somente se aplica a valores baixos de temperatura.

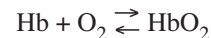
3. (UnB-DF) – No processo de respiração, uma das principais funções da hemoglobina (Hb) do sangue é o transporte de oxigênio dos pulmões às células do organismo dos vertebrados. O transporte é feito por meio da interação da hemoglobina com o oxigênio do ar inspirado, que forma o complexo denominado **oxiemoglobina**. Ao chegar às células do organismo, o oxigênio é liberado e o sangue arterial transforma-se em venoso, deixando a hemoglobina novamente livre para ser reutilizada no transporte do oxigênio, conforme representado na equação a seguir.



Com base nas informações do texto acima e em conceitos correlatos, julgue os itens que se seguem.

- (1) A equação representa um processo em que as reações nos sentidos **a** e **b**, no equilíbrio, ocorrem em diferentes momentos.
- (2) O valor da constante de equilíbrio, para a reação representada, depende da quantidade de oxigênio inspirado.
- (3) No estado de equilíbrio, as velocidades, nos sentidos **a** e **b** da reação, são iguais.
- (4) Estando o indivíduo em um recinto com baixíssima concentração de oxigênio, haverá um aumento do volume de sangue venoso e uma redução do volume de sangue arterial.
- (5) No equilíbrio químico, as concentrações de todas as espécies químicas se igualam.

4. (UNIP-SP – MODELO ENEM) – Escalar uma montanha ou viajar à cidade de La Paz (3630 metros de altitude) pode produzir hipóxia (deficiência de oxigênio nos tecidos, cujos sintomas são enjôos, vômitos e cansaço). A essas altitudes a concentração de O_2 no ar atmosférico é menor, e isso faz que baixe a sua concentração no sangue. O equilíbrio hemoglobina-oxigênio se altera devido a essa diminuição.



Hb: hemoglobina; HbO_2 : hemoglobina oxigenada
Assinale a proposição **falsa**:

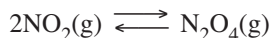
- a) A constante do equilíbrio é dada pela relação:

$$K_c = \frac{[\text{HbO}_2]}{[\text{Hb}] \cdot [\text{O}_2]}$$

- b) Uma diminuição de $[\text{O}_2]$ implica uma menor concentração de hemoglobina oxigenada.
- c) Para suprir a deficiência de HbO_2 , o corpo aumenta a produção de hemoglobina, Hb, e a hipóxia desaparece depois de alguns dias.
- d) Os habitantes das cidades altas têm mais hemoglobina que os que vivem ao nível do mar.

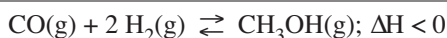
e) A constante de equilíbrio, K_c , tem valor diferente quando se altera a concentração de O_2 no ar atmosférico, à mesma temperatura.

5. (UFPR) – A dimerização do NO_2 a N_2O_4 depende da temperatura. O equilíbrio das duas espécies pode ser representado por:



Sabendo-se que a espécie NO_2 é de cor castanha e o dímero N_2O_4 incolor, e que um aumento de temperatura em uma ampola de vidro fechada contendo os dois gases em equilíbrio faz que a cor castanha se torne mais intensa, diga se a reação de dimerização é endotérmica ou exotérmica. Justifique.

6. (ITA-SP) – A síntese de metanol a partir de gás de água é representada por



Com base no princípio de Le Châtelier é possível prever como se pode aumentar a quantidade de metanol, partindo de uma certa quantidade de monóxido de carbono. A alteração que **não** contribuiria para este aumento é:

- Aumento da quantidade de hidrogênio a volume constante.
- Aumento da pressão pela introdução de argônio a volume constante.
- Diminuição da temperatura pelo resfriamento do sistema.
- Aumento da pressão pela redução do volume.
- Condensação do metanol à medida que ele se forma.

7. (MODELO ENEM) – A reação química que explica a formação de corais é a seguinte:



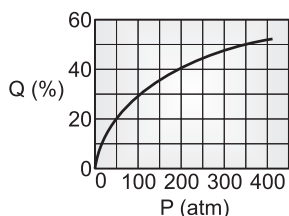
Observou-se que, em mares frios, há muito CO_2 dissolvido, e, em mares quentes, há pouco CO_2 dissolvido.

Em que tipo de águas marinhas se encontram as formações de corais?

- águas frias.
- águas quentes.
- águas sulfurosas.
- águas petrolíferas.
- águas ácidas.

8. (FUVEST-SP) – Na síntese da amônia, pelo processo Haber, podem ser empregadas pressão de 200 atm e temperatura de 750K.

O gráfico abaixo mostra a porcentagem, em volume, Q , de conversão dos reagentes (N_2 e H_2) em produto, no equilíbrio, em função da pressão P (em atm) a 750K.

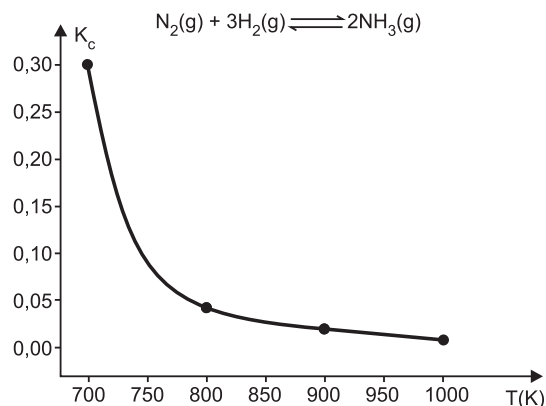


Utilizando $2,0 \times 10^5$ L de N_2 e $6,0 \times 10^5$ L de H_2 , qual a massa aproximada de amônia, em kg, que pode ser obtida no equilíbrio, nas condições especificadas acima?

Os volumes são medidos a 200 atm e 750K. Nessas condições o volume molar de um gás é igual a 0,30L. A massa molar da amônia é igual a 17 g/mol.

- $1,6 \times 10^3$
- $3,2 \times 10^3$
- $6,0 \times 10^3$
- $9,0 \times 10^3$
- 18×10^3

9. (FATEC-SP) – O gráfico abaixo mostra como varia a constante de equilíbrio (K_c) em função da temperatura para a reação de síntese da amônia.



A respeito dessa transformação química, as seguintes afirmações foram feitas:

- a diminuição da temperatura aumenta o rendimento da reação;
- a elevação da temperatura diminui a velocidade da reação;
- a reação de síntese da amônia é exotérmica;
- a elevação da temperatura favorece o consumo de N_2 e H_2 .

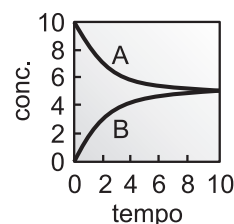
Dessas afirmações, são corretas apenas

- I e II.
- I e III.
- III e IV.
- II e III.
- II e IV.

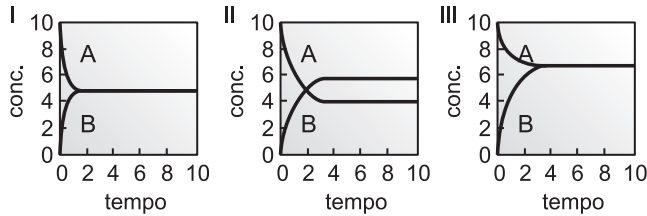
10. (FUVEST-SP) – No equilíbrio $A \rightleftharpoons B$, a transformação de A em B é endotérmica. Esse equilíbrio foi estudado, realizando-se três experimentos.

Experimento	Condições
X	a 20°C, sem catalisador
Y	a 100°C, sem catalisador
Z	a 20°C, com catalisador

O gráfico a seguir mostra corretamente as concentrações de A e de B, em função do tempo, para o experimento X.



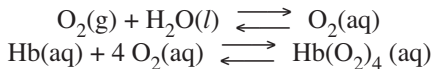
Examine os gráficos abaixo.



Aqueles que mostram corretamente as concentrações de A e de B, em função do tempo, nos experimentos Y e Z são, respectivamente,

- a) I e II. b) I e III. c) II e I.
d) II e III. e) III e I.

11. (FUVEST-SP) – O transporte adequado de oxigênio para os tecidos de nosso corpo é essencial para seu bom funcionamento. Esse transporte é feito através de uma substância chamada oxi-hemoglobina, formada pela combinação de hemoglobina (Hb) e oxigênio dissolvidos no nosso sangue. Abaixo estão representados, de maneira simplificada, os equilíbrios envolvidos nesse processo:



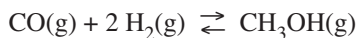
100mL de sangue contêm por volta de 15g de hemoglobina e 80g de água. Essa massa de hemoglobina (15 g) reage com cerca de 22,5 mL de oxigênio, medidos nas condições ambiente de pressão e temperatura.

Considerando o exposto acima,

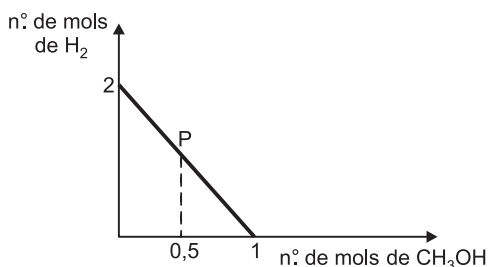
- a) calcule a quantidade, em mols, de oxigênio que reage com a massa de hemoglobina contida em 100 mL de sangue.
b) calcule a massa molar aproximada da hemoglobina.
c) justifique, com base no princípio de Le Châtelier, aplicado aos equilíbrios citados, o fato de o oxigênio ser muito mais solúvel no sangue do que na água.

Dado: volume molar de O_2 , nas condições ambiente de pressão e temperatura: 25 L/mol

12. (UFRJ) – Uma das reações para produção industrial do metanol é dada por:



- a) No gráfico a seguir, a reta representa a variação do número de mols de hidrogênio em função do número de mols de metanol, para diversas condições da reação.



O ponto P representa uma situação de equilíbrio a uma dada temperatura.

Calcule a constante de equilíbrio (K_c), neste ponto, quando no início da reação estão presentes 2 mols de H_2 e 2 mols de CO num volume de 1 litro.

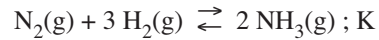
- b) Considere os seguintes valores para as entalpias de formação do $\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ e do $\text{CO}(\text{g})$ nas condições-padrão:

$$\Delta H_f^\circ \text{CO}(\text{g}) = -110 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) = -201 \text{ kJ/mol}$$

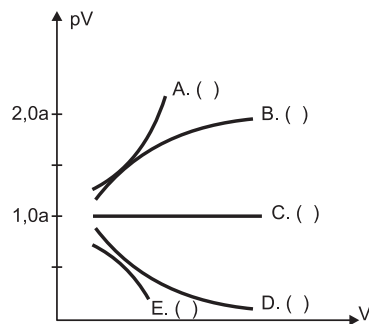
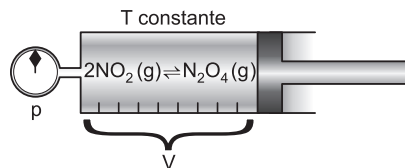
Indique o sentido do deslocamento do equilíbrio quando se aumenta a temperatura do sistema. Justifique sua resposta.

13. (ITA-SP) – O método Haber para a produção de amônia é baseado no estabelecimento do seguinte equilíbrio

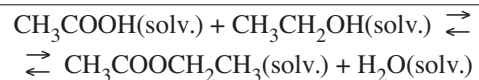


a partir de misturas de nitrogênio e hidrogênio comprimidos. Pensando em alguns dos aspectos do problema, poderia chegar-se à conclusão de que é mais interessante trabalhar com temperaturas mais baixas. Pensando em outros aspectos, poderia chegar-se à conclusão contrária. Discuta o problema envolvido em um e em outro caso.

14. (ITA-SP) – Sob temperatura constante, um cilindro graduado provido de pistão móvel e manômetro, conforme mostrado na figura a seguir, contém uma mistura gasosa de N_2O_4 e NO_2 em equilíbrio. Para cada nova posição do pistão, esperamos o equilíbrio se restabelecer e anotamos os valores de p e V. Feito isso, fazemos um gráfico do produto pV versus V. Qual das curvas abaixo se aproxima mais da forma que devemos esperar para o gráfico em questão?



15. (UFPE e UFRPE) – A reação de síntese do acetato de etila, a partir do álcool etílico e do ácido acético, possui uma constante de equilíbrio em torno de 4. O rendimento da reação é medido pela quantidade de acetato de etila produzido:

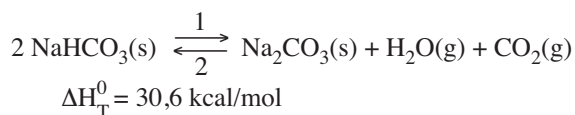


Analise as afirmativas abaixo:

- (0-0) A adição de um reagente que absorva água deve aumentar o rendimento.
(1-1) O uso de excesso de um dos reagentes deve diminuir o rendimento.

- (2-2) A destilação do éster durante a reação deve diminuir o rendimento.
 (3-3) A adição de água deve diminuir o rendimento.
 (4-4) A adição de uma base para reagir com o ácido acético deve diminuir o rendimento.

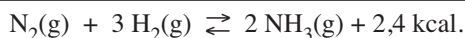
16. (UFBA) – O carbonato de sódio pode ser obtido pela decomposição do hidrogenocarbonato de sódio, a uma determinada temperatura T, segundo a reação:



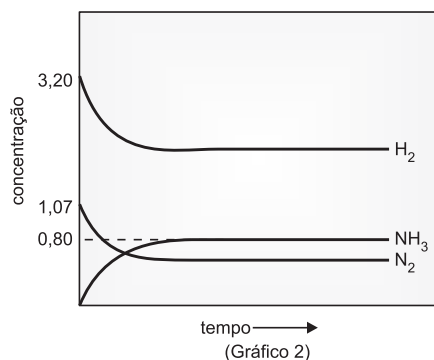
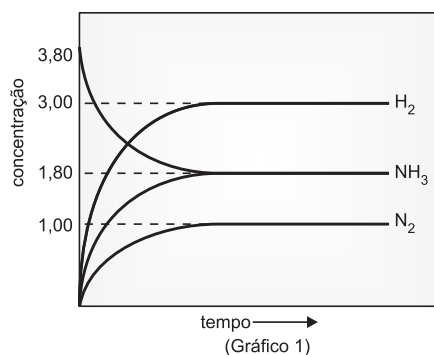
Considerando-se as informações acima, pode-se afirmar:

- (01) Para cada mol de hidrogenocarbonato decomposto, é produzido um mol de carbonato de sódio.
 (02) A decomposição de 2 mols de hidrogenocarbonato de sódio, à temperatura T, libera 30,6 kcal.
 (04) Mantendo-se a temperatura e o volume constantes, pode-se aumentar o grau de decomposição do NaHCO_3 , removendo-se dióxido de carbono da mistura em equilíbrio.
 (08) O aumento da temperatura provoca um deslocamento do equilíbrio no sentido da reação 1.
 (16) O aumento da pressão sobre a mistura em equilíbrio provoca uma redução no grau de decomposição.
 (32) A temperatura não exerce influência sobre o grau de decomposição.

17. (UFC-CE) – A amônia fabricada em larga escala para produção de fertilizante é obtida pelo processo Haber na presença de catalisador apropriado, através da reação



Os gráficos 1 e 2 a seguir apresentam os resultados de duas experiências realizadas, na mesma temperatura, para estudo da condição de equilíbrio químico atingida nos dois casos.



- a) Calcule a constante de equilíbrio, considerando os dados obtidos na primeira experiência e apresentados no gráfico 1.
 b) Calcule a constante de equilíbrio, considerando os dados obtidos na segunda experiência e apresentados no gráfico 2. Compare e justifique os valores obtidos para a constante de equilíbrio.
 c) Suponha que alguém divulgue o desenvolvimento de um novo catalisador que converte uma maior quantidade de N_2 e H_2 a NH_3 do que o catalisador utilizado no processo Haber, nas mesmas condições. Apresente argumento que justifique a aceitação ou rejeição dessa proposta.

18. (FUVEST-SP) – Considere os equilíbrios abaixo e o efeito térmico da reação da esquerda para a direita, bem como a espécie predominante nos equilíbrios A e B, à temperatura de 175°C .

	equilíbrio	efeito térmico	espécie predominante
A)	$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$	exotérmica	$\text{NH}_3(\text{g})$
B)	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$	endotérmica	$\text{NO}_2(\text{g})$
C)	$\text{MgCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{MgO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$	endotérmica	

O equilíbrio A foi estabelecido misturando-se, inicialmente, quantidades estequiométricas de $\text{N}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2(\text{g})$. Os equilíbrios B e C foram estabelecidos a partir de, respectivamente, N_2O_4 e MgCO_3 puros.

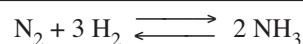
A tabela abaixo traz os valores numéricos das constantes desses três equilíbrios, em função da temperatura, não necessariamente na mesma ordem em que os equilíbrios foram apresentados. As constantes referem-se a pressões parciais em atm.

$t/^\circ\text{C}$	K_1	K_2	K_3
100	$1,5 \times 10^1$	$1,1 \times 10^{-5}$	$3,9 \times 10^2$
175	$3,3 \times 10^2$	$2,6 \times 10^{-3}$	2,4
250	$3,0 \times 10^3$	$1,2 \times 10^{-1}$	$6,7 \times 10^{-2}$

Logo, as constantes K_1 , K_2 e K_3 devem corresponder, respectivamente, a

	K_1	K_2	K_3
a)	B	C	A
b)	A	C	B
c)	C	B	A
d)	B	A	C
e)	C	A	B

19. (UNESP) – No estado gasoso, ocorre a reação representada pela equação



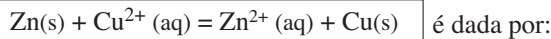
As porcentagens de conversão dos reagentes em NH_3 , em diferentes condições de temperatura e pressão, estão resumidas na tabela seguinte:

Porcentagens de Conversão em Três Temperaturas			
Pressão (atm)	200°C	400°C	600°C
1	15,3%	0,44%	0,05%
100	80,6%	25,1%	4,47%
1.000	98,3%	80,0%	31,5%

- A reação de síntese da amônia é exotérmica ou endotérmica? Justifique a resposta.
- Justifique a relação que existe, a uma dada temperatura, entre o aumento da pressão e a porcentagem de conversão dos reagentes em NH_3 .

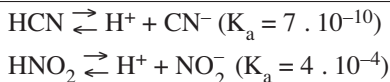
Módulo 22 – Equilíbrio Iônico

- (FEPA) – A expressão para a constante de equilíbrio da reação:



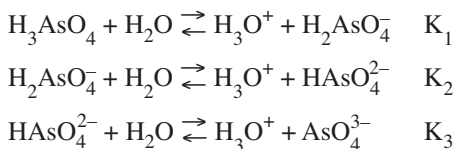
- $\frac{[\text{Zn}^{2+}(\text{aq})][\text{Cu(s)}]}{[\text{Zn(s)}][\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}$
- $\frac{[\text{Zn(s)}]}{[\text{Cu(s)}]}$
- $\frac{[\text{Zn}^{2+}(\text{aq})]^2}{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]^2}$
- $\frac{[\text{Cu(s)}]}{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}$
- $\frac{[\text{Zn}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}$

- Dados:



- O ácido mais forte é o NO_2^- .
- O ácido mais forte é o HCN .
- O ácido mais forte é o CN^- .
- O ácido mais forte é o HNO_2 .
- O primeiro equilíbrio está mais deslocado para a direita que o segundo.

- (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – A dissociação do ácido ortoarsênico, em solução aquosa diluída, processa-se conforme as equações:



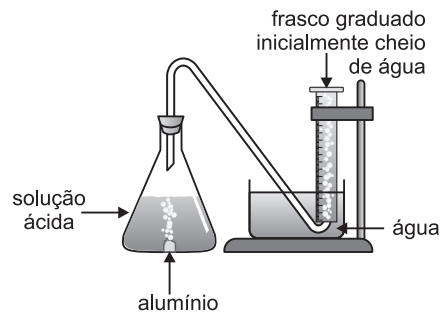
A ordem de grandeza das respectivas constantes de ionização é:

- $K_1 = K_2 = K_3$
- $K_1 > K_2 > K_3$
- $K_1 < K_2 < K_3$
- $K_1 < K_2 > K_3$
- $K_1 > K_2 = K_3$

- (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – A constante para as 3 fases de dissociação (K_n) do ácido ortoarsênico vale:

- $K_n = K_1 + K_2 + K_3$
- $K_n = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$
- $K_n = K_1$
- $K_n = \frac{K_1}{K_2} \times \frac{K_1}{K_3}$
- $K_n = K_1/K_2 + K_3$

- (UNICAMP-SP) – O alumínio é um dos metais que reagem facilmente com íons H^+ , em solução aquosa, liberando o gás hidrogênio. Soluções em separado, dos três ácidos abaixo, de concentração $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, foram colocadas para reagir com amostras de alumínio, de mesma massa e formato, conforme o esquema:



Ácidos:

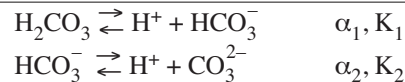
Ácido acético, $K_a = 2 \times 10^{-5}$

Ácido clorídrico, $K_a =$ muito grande

Ácido monocloraacético, $K_a = 1,4 \times 10^{-3}$

- Em qual das soluções a reação é mais rápida? Justifique.
- Segundo o esquema, como se pode perceber que uma reação é mais rápida do que outra?

- (UFES) – Considere as dissociações:



Podemos afirmar que:

- $\alpha_1 = \alpha_2$ e $K_1 = K_2$
- $\alpha_1 > \alpha_2$ e $K_1 < K_2$
- $\alpha_1 < \alpha_2$ e $K_1 < K_2$
- $\alpha_1 > \alpha_2$ e $K_1 > K_2$
- $\alpha_1 < \alpha_2$ e $K_1 > K_2$

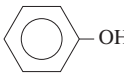
- (ITA-SP) – Enunciado: A condutividade elétrica de uma solução $0,0020 \text{ mol/L}$ de HCl em água é, aproximadamente, o dobro da condutividade de uma solução $0,0010 \text{ mol/L}$ de HCl em água.

Explicação: O grau de dissociação do HCl , na solução aquosa $0,0020 \text{ mol/L}$, é praticamente o dobro do grau de dissociação desse mesmo ácido, na solução aquosa $0,0010 \text{ mol/L}$.

- Enunciado e explicação são afirmações certas, mas não existe relação causal entre eles.

- b) Enunciado e explicação são afirmações certas e existe relação causal entre eles.
 c) Enunciado é afirmação certa e explicação é afirmação errada.
 d) Enunciado e explicação são afirmações erradas.
 e) Enunciado é afirmação errada e explicação é afirmação certa.

8. (UNIFICADO-CESGRANRIO) – Considere a tabela de valores de K_a das substâncias a seguir:

Substância	K_a
$\text{CH}_3 - \text{COOH}$	$1,8 \times 10^{-5}$
 -OH	$1,3 \times 10^{-10}$
H_2O	$1,0 \times 10^{-14}$
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{OH}$	$1,0 \times 10^{-16}$

Com base nesses valores, a ordem correta de acidez é:

- a) água < álcool < fenol < ácido carboxílico.
 b) álcool < ácido carboxílico < água < fenol.
 c) álcool < água < fenol < ácido carboxílico.
 d) fenol > ácido carboxílico > água > álcool.
 e) fenol > álcool > água > ácido carboxílico.
9. (UFRS) – Uma solução aquosa de HCl, apesar de conter íons H^+ , Cl^- e HO^- , é, no seu todo, eletricamente neutra. Isto acontece porque:
- a) $[\text{H}^+] = [\text{HO}^-]$
 b) $[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-]$
 c) $[\text{H}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{HO}^-]$
 d) $[\text{H}^+] + [\text{Cl}^-] + [\text{HO}^-] = 0$
 e) $[\text{H}^+] [\text{Cl}^-] = [\text{H}_2\text{O}]$

10. (UNICAMP-SP) – Cerca de 90% da crosta e do manto terrestres são formados por minerais silicáticos. Entender muitos processos geoquímicos significa conhecer bem o comportamento dessas rochas em todos os ambientes. Um caso particular desse comportamento na crosta é a solubilização da sílica (SiO_2) por água a alta temperatura e pressão. Esse processo de dissolução pode ser representado pela equação



Em determinado pH a 300°C e 500 atmosferas, a constante de equilíbrio para essa dissolução, considerando a água como solvente, é de 0,012.

- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio para esse processo de dissolução.
 b) Determine a concentração em g L^{-1} de H_4SiO_4 aquoso quando se estabelece o equilíbrio de dissolução nas condições descritas.

Dado: Massa molar: $\text{H}_4\text{SiO}_4 = 96\text{g/mol}$

11. (UFG-GO) – Leia os dados da tabela, a seguir:

Ácido	pK_a
HF	3,2
HCl	10^{-7}
HBr	10^{-9}
HI	10^{-11}

$$\text{pK}_a = -\log K_a$$

Considerando esses dados e as propriedades periódicas dos elementos químicos, a força desses ácidos aumenta quanto

- a) menor a densidade absoluta do halogênio.
 b) maior o raio do halogênio.
 c) menor o ponto de fusão e ebulição do halogênio.
 d) maior o potencial de ionização do halogênio.
 e) maior a eletronegatividade do halogênio.

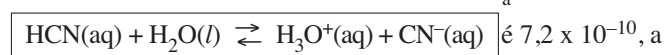
Módulo 23 – Lei da Diluição de Ostwald

1. Sabendo-se que o ácido cianídrico, HCN, numa solução aquosa 0,1 mol/L, encontra-se 0,007% ionizado, determine a concentração de H^+ e a de CN^- na solução.

2. (UFMG) – O hidróxido de amônio, em solução 10^{-2}mol/L , apresenta grau de ionização 1% à temperatura ambiente. Sua constante de ionização valerá, aproximadamente, nessa temperatura:

- a) 10^{-2} b) 10^6 c) 10^{-3} d) 10^{-6}

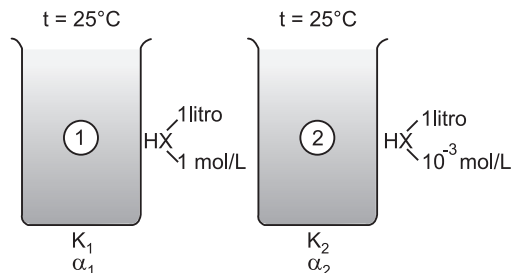
3. (UFU-MG) – A constante de equilíbrio K_a para a reação:



25°C. Calcular a concentração em mol/L de H_3O^+ em uma solução de HCN 1,0 mol/L a 25°C.

- a) $7,2 \times 10^{-10}$ b) $\sqrt{7,2} \times 10^{-5}$ c) $7,2 \times 10^{-9}$
 d) $3,6 \times 10^{-10}$ e) $6,0 \times 10^{-5}$

4. Os dois frascos abaixo mostram o ácido HX em condições diferentes:



Não podemos afirmar:

- a) $K_1 = K_2$.
 b) No frasco 1, HX está menos ionizado.
 c) No frasco 2, a $[\text{H}^+]$ é praticamente igual a $[\text{X}^-]$.
 d) Sempre que os dois frascos estiverem na mesma temperatura, K_1/K_2 valerá um.
 e) $\alpha_1 > \alpha_2$.

5. **(ITA-SP)** – Um copo, com capacidade de 250 mL, contém 100 mL de uma solução aquosa 0,10 molar em ácido acético na temperatura de 25°C. Nessa solução ocorre o equilíbrio:



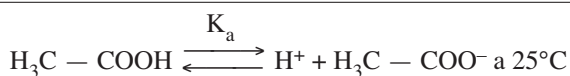
A adição de mais 100 mL de água pura a essa solução, com a temperatura permanecendo constante, terá as seguintes consequências:

	Concentração de íons acetato (mol/L)	Quantidade de íons acetato (mol)
a)	vai aumentar	vai aumentar
b)	vai aumentar	vai diminuir
c)	fica constante	fica constante
d)	vai diminuir	vai aumentar
e)	vai diminuir	vai diminuir

6. **(UNIP-SP)** – Juntamos uma pequena quantidade de cloreto de amônio sólido a uma solução diluída de hidróxido de amônio, mantendo-se a temperatura constante. Como decorrência dessa adição, o grau de dissociação e a constante de ionização do hidróxido de amônio irão, respectivamente:

- aumentar; aumentar;
- aumentar; diminuir;
- diminuir; aumentar;
- diminuir; permanecer constante;
- permanecer constante; diminuir.

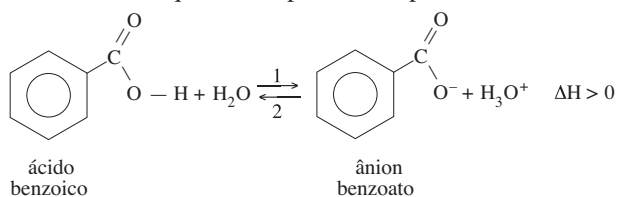
7. **(UEM-PR)** – Considere o equilíbrio químico



e assinale o que for correto.

- 01) A adição de etanoato de sódio (acetato de sódio) aumentará a quantidade do íon H^+ .
- 02) A adição de etanoato de sódio aumentará o grau de ionização do ácido etanoico.
- 04) A adição de HCl provocará um deslocamento do equilíbrio para a esquerda.
- 08) A adição de hidróxido de sódio não influenciará no equilíbrio.
- 16) K_a é a constante de ionização do ácido etanoico e não varia com a temperatura.
- 32) O ácido etanoico (ácido acético) é um ácido forte.

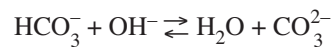
8. Considere o equilíbrio representado por:



Qual dos procedimentos abaixo deslocará o equilíbrio no sentido 1?

- Evaporação da água a uma temperatura fixa.
- Aumento de pressão.
- Adição de benzoato de potássio sólido.
- Adição de ácido sulfúrico.
- Aumento da temperatura da solução.

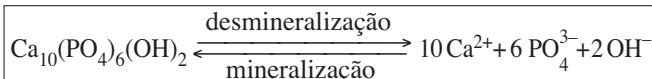
9. Para aumentar efetivamente a concentração de íons carbonato no equilíbrio:



dever-se-ia adicionar:

- HCl
- H_2SO_4
- NaOH
- H_2O
- CH_3COOH

10. **(FUVEST-SP – MODELO ENEM)** – O esmalte dos dentes é principalmente hidroxiapatita, que, sob certas condições, sofre dissolução (desmineralização), o que provoca a cárie.



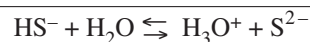
Provoca desmineralização bochechar com

- uma solução aquosa de hipoclorito de sódio ($\text{pH} = 9$, meio básico);
- uma solução aquosa de cloreto de sódio (soro fisiológico);
- vinagre diluído em água.

Dessas afirmações, apenas

- a I é correta.
- a II é correta.
- a III é correta.
- a I e a II são corretas.
- a II e a III são corretas.

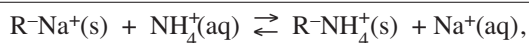
11. **(FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS)** – No equilíbrio:



a adição de qual íon irá aumentar efetivamente a concentração de íons S^{2-} .

- H_3O^+
- Br^-
- Cl^-
- OH^-
- Na^+

12. **(FUVEST-SP – MODELO ENEM)** – Algumas argilas do solo têm a capacidade de trocar cátions da sua estrutura por cátions de soluções aquosas do solo. A troca iônica pode ser representada pelo equilíbrio:

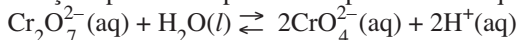


onde R representa parte de uma argila.

Se o solo for regado com uma solução aquosa de um adubo contendo NH_4NO_3 , o que ocorre com o equilíbrio acima?

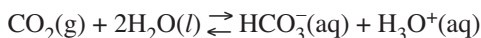
- Desloca-se para o lado do $\text{Na}^+(\text{aq})$.
- Desloca-se para o lado do $\text{NH}_4^+(\text{aq})$.
- O valor de sua constante aumenta.
- O valor de sua constante diminui.
- Permanece inalterado.

13. (UFSCar-SP) – Soluções aquosas de dicromato de potássio são alaranjadas, enquanto que soluções aquosas de cromato de potássio são amareladas. O equilíbrio químico dessas duas soluções pode ser representado pela mesma equação:



- a) Ao adicionarmos gotas de solução aquosa de hidróxido de sódio na solução de dicromato de potássio, o que acontecerá com a coloração dessa solução? Justifique.
- b) Considere o cromato de bário um sal insolúvel em água e o dicromato de bário solúvel. Se adicionarmos gotas de solução aquosa contendo íons Ba^{2+} numa solução de dicromato de potássio, haverá a formação de um precipitado. O que acontece com o precipitado se for adicionada solução aquosa de ácido clorídrico? Justifique.

14. (FGV-SP – MODELO ENEM) – A água dura não é adequada para usos domésticos e industriais. Uma das maneiras para remoção do excesso de Ca^{2+} consiste em tratar a água dura em tanques de decantação, envolvendo os equilíbrios representados pelas equações:



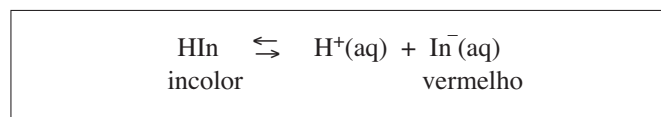
Três soluções são adicionadas, separadamente, no processo de tratamento da água dura:

- I. ácido nítrico;
- II. hidróxido de sódio;
- III. bicarbonato de sódio.

Pode-se afirmar que favorece a remoção de íons cálcio da água dura o contido em

- a) I, II e III.
- b) II e III, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) I e II, apenas.
- e) I, apenas.

15. Considere o equilíbrio abaixo, que se estabelece quando o indicador ácido-base, HIn, é acrescentado à água.



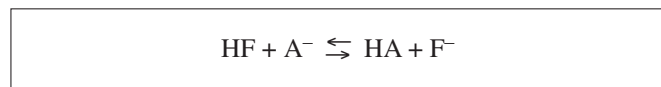
A intensidade da cor da solução aumentará, borbulhando-se na solução:

- a) CO
- b) CO_2
- c) CH_4
- d) H_2S
- e) NH_3

16. Sejam os equilíbrios aquosos e suas constantes de ionização a 25°C :

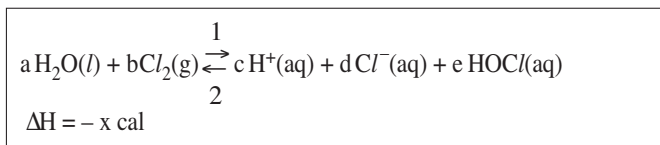


O valor da constante de equilíbrio da reação abaixo é:



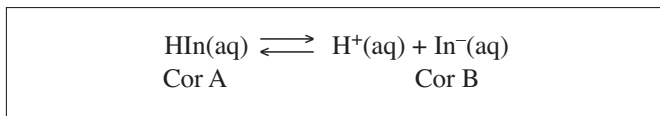
- a) 10^{-9}
- b) 10^{-5}
- c) 10
- d) 10^{-1}
- e) 10^{-20}

17. O gás cloro se dissolve parcialmente em água, segundo a reação:



- a) Determine quais serão os valores de (a), (b), (c), (d) e (e).
- b) O que deverá acontecer com o equilíbrio acima, se:
 - b_1 – adicionarmos base?
 - b_2 – aumentarmos a pressão?
 - b_3 – aumentarmos a temperatura?

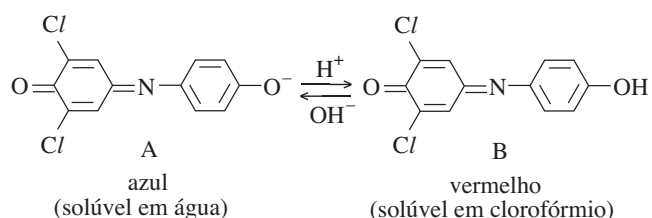
18. (UFPR) – A determinação de acidez ou basicidade de uma solução pode ser realizada através de um pHmetro ou por meio de substâncias denominadas indicadores ácido/base. Uma grande parte dos indicadores são ácidos orgânicos fracos, que podem ser representados genericamente por HIn. A classificação da substância como sendo ácida ou básica é possível devido à diferença de cor das espécies HIn e In^- , de acordo com o equilíbrio abaixo:



Com base nas informações acima, é correto afirmar que:

- 01) Se adicionarmos um pouco desse indicador em um suco de limão, a solução apresentará cor A.
- 02) HIn não é um ácido de Arrhenius.
- 04) A expressão da constante de equilíbrio é $K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$ e dá uma informação quantitativa das espécies presentes.
- 08) Quanto maior for o número de hidrogênios na fórmula do ácido, maior será sua força.

19. (FUVEST-SP – MODELO ENEM)



Um tubo de ensaio contém duas camadas líquidas, incolores e imiscíveis; a superior é água e a inferior, clorofórmio. Nesse tubo efetuam-se, sequencialmente, as operações descritas abaixo:

- I) Adição de pequenas quantidades de A e de hidróxido de sódio aquoso, agitação e repouso.
- II) Adição de ácido clorídrico em quantidade suficiente para que, após agitação e repouso, haja descolorimento total de uma das camadas.

7. (UnB-DF) – O pH normal do sangue é 7,4, ao qual correspondem uma concentração de íons H_3O^+ de $4,0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$ e uma concentração de íons OH^- de $2,5 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$.

Com base nestas informações, julgue os itens, considerando a temperatura igual a 25°C .

- (1) O sangue é um meio aquoso ligeiramente ácido.
- (2) As concentrações dos íons H_3O^+ e OH^- na água pura são iguais a $1,0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$.
- (3) Tanto na água pura como no sangue, o produto das concentrações dos íons H_3O^+ e OH^- ($[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-]$) é igual a $1,0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$.
- (4) No sangue, a relação $\text{pH} + \text{pOH} = 14,0$ não é válida por ser um meio diferente da água pura.
- (5) No sangue, a concentração dos íons H_3O^+ é maior que a dos íons OH^- .

8. (UFF-RJ – MODELO ENEM) – Considere a tabela a seguir:
Valores de pH de uma série de soluções e materiais comuns.

Solução	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
HC/ 0,1 mol/L															
Suco gástrico															
Refrigerante															
Suco de limão															
Vinagre															
Suco de laranja															
Cerveja															
Água de abasteci- mento															
Água pura															
NaHCO_3 0,1 mol/L															
Amoníaco de uso doméstico															
NaOH 0,1 mol/L															

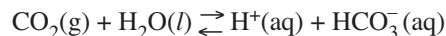
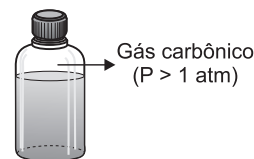
Pode-se afirmar que

- a) a cerveja tem caráter básico;
- b) o suco de laranja é mais ácido do que o refrigerante;
- c) o amoníaco de uso doméstico tem $[\text{OH}^-]$ menor do que $[\text{H}^+]$;
- d) a água pura tem $[\text{H}^+]$ igual a $[\text{OH}^-]$;
- e) o vinagre é mais ácido do que o suco de limão.

9. (FUVEST-SP) – Água mineral com gás pode ser fabricada pela introdução de gás carbônico na água, sob pressão um pouco superior a 1 atm.

- a) Essa água é ácida ou alcalina? Justifique, escrevendo a equação da reação.
- b) Se a garrafa for deixada aberta, o que acontecerá com o pH da água? Explique.

10. (UNIP-SP – MODELO ENEM) – Nas garrafas de águas gaseificadas, existe o seguinte equilíbrio:



Ao se abrir uma dessas garrafas,

- a) o pH do meio aumenta.
- b) o equilíbrio de solubilidade do gás carbônico na água é deslocado para a direita.
- c) a acidez do meio permanece constante.
- d) aumenta a solubilidade do gás carbônico na água.
- e) ocorre precipitação de íons HCO_3^- .

11. Para conseguirmos diminuir o pH de uma solução aquosa, devemos nela borbulhar quatro dos gases abaixo, menos um. Qual?

- a) CO_2
- b) SO_3
- c) Cl_2
- d) CO
- e) N_2O_5

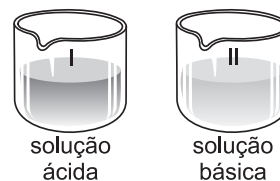
12. (FUVEST-SP)

VALOR NUMÉRICO DO PRODUTO IÔNICO DA
ÁGUA = $1,0 \times 10^{-14}$

Leite de magnésia é essencialmente uma suspensão de hidróxido de magnésio em água. A solubilidade do $\text{Mg}(\text{OH})_2$, à temperatura ambiente, é $1,5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$. Logo, o pH do leite de magnésia está entre

- a) 7 e 8
- b) 8 e 9
- c) 9 e 10
- d) 10 e 11
- e) 11 e 12

13. (UNI-RIO) – Os recipientes a seguir representam duas soluções aquosas a 25°C .



O valor do pH da solução I (solução ácida) é igual ao valor do pOH da solução II (solução básica). De acordo com essa informação, podemos afirmar que

- a) $\text{pH}_I + \text{pH}_{II} < 14$.
- b) $\text{pH}_I + \text{pOH}_{II} = 14$.
- c) $\text{pH}_I + \text{pH}_{II} > 14$.
- d) $\text{pOH}_I + \text{pOH}_{II} < 14$.
- e) $\text{pOH}_I + \text{pH}_{II} > 14$.

14. (IMT-SP) – Uma solução 1 mol/L de ácido benzoico tem o mesmo pH que outra solução aquosa de cloreto de hidrogênio de concentração $8,0 \times 10^{-3}$ mol/litro.

Dado: $\log 2 = 0,3$

- a) Calcule o pH da solução de ácido clorídrico.
b) Qual o grau de dissociação do ácido benzoico?

15. (UFLA-MG) – Em uma solução de NH_4OH 2 mol/L, o grau de ionização da base é igual a 0,5%. O pH desta solução é igual a:

- a) 0 b) 10 c) 5 d) 12 e) 6

16. (UFG-GO) – A faixa de viragem de alguns indicadores é dada na tabela a seguir:

Indicador	Meio ácido	Meio básico	Intervalo de viragem (pH)
fenolftaleína	incolor	vermelha	8,2 a 10,0
tornassol	rósea	azul	5,0 a 7,0

- a) Determine o pH de uma solução de ácido acético cuja concentração é igual a 0,001 mol/L e cujo grau de ionização é igual a 10%.
b) Indique a cor da solução de ácido acético (da proposição a), quando se utiliza fenolftaleína e quando se utiliza tornassol como indicadores. Justifique sua resposta.

17. (UERJ) – Em alguns laboratórios, dentre os materiais de primeiros socorros está o **vinagre**, que corresponde a uma solução aquosa que contém etanoico em concentração aproximadamente igual a $0,05 \text{ mol.L}^{-1}$ e apresenta $\text{pH} = 3$. Se uma solução aquosa de soda cáustica (solução de hidróxido de sódio) entrar em contato com a pele de um laboratorista, ela poderá ser neutralizada, lavando-se a região atingida com vinagre.

- a) Escreva a equação química que corresponde à neutralização da soda cáustica pelo vinagre.
b) O etanoico, ao ser dissolvido em água, sofre ionização. Calcule o rendimento percentual da ionização (grau de ionização) do etanoico, considerando sua concentração no vinagre e o pH desta solução (vinagre).

18. (ITA-SP) – Considere as duas soluções seguintes, ambas aquosas e a 25°C :

- I) 0,005 mol/L de hidróxido de bário.
II) 0,010 mol/L de hidróxido de amônio.

Essas soluções terão respectivamente os seguintes valores de pH:

- | I | II |
|------------------------------|------------------------|
| a) $\text{pH} \approx 12$ | $\text{pH} < 12$ |
| b) $\text{pH} \approx 12$ | $\text{pH} \approx 12$ |
| c) $\text{pH} \approx 12$ | $\text{pH} > 12$ |
| d) $\text{pH} \approx 0,010$ | $\text{pH} < 0,010$ |
| e) $\text{pH} \approx 2$ | $\text{pH} > 2$ |

19. (PUC-SP) – Para estudar o pH de diferentes sistemas, mantendo-se a temperatura constante, fez-se a seguinte experiência: Em 4 balões volumétricos numerados I, II, III e IV, colocaram-se 10 mL de diferentes soluções, conforme o indicado a seguir:

balão I : 10 mL de HCl 0,1 mol/L

balão II : 10 mL de NaOH 0,1 mol/L

balão III: 10 mL de H_3CCOOH 0,1 mol/L

balão IV: 10 mL de NH_4OH 0,1 mol/L

e adicionou-se água a cada um dos balões, até se obter 1L de solução.

Assinale a alternativa que indica, corretamente, o pH encontrado em cada um dos balões:

	balão I	balão II	balão III	balão IV
a)	3	11	$> 3 \text{ e } < 7$	$> 7 \text{ e } < 11$
b)	3	11	< 3	> 11
c)	3	11	3	11
d)	1	13	1	13
e)	1	13	$> 1 \text{ e } < 3$	$> 11 \text{ e } < 13$

20. (FUVEST-SP) – Quando 0,050 mol de um ácido HA foi dissolvido em quantidade de água suficiente para obter 1,00 litro de solução, constatou-se que o pH resultante foi igual a 2,00.

- a) Qual a concentração de íons H^+ na solução?
b) Qual o valor da constante de ionização (K_a) do ácido HA?

21. (UNIP-SP) – O cianeto de hidrogênio (HCN) é um gás muito tóxico, com cheiro de amêndoas amargas, usado na câmara de gás. Alguns insetos também usam HCN para proteger-se dos inimigos. Qual é o pH de uma solução 0,20 mol/L de HCN, sabendo que a sua constante de ionização vale $5,0 \cdot 10^{-10}$?

- a) 1 b) 3 c) 4 d) 5 e) 6

22. (UFF-RJ) – A morfina, cuja fórmula é $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3$, é usada como anestésico. Atua quimicamente como uma base. Calcular o pH de uma solução de morfina **0,50 mol/L**, considerando que sua constante de ionização, a 25°C , é $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$. Para os cálculos considere o $\log_{10} 3 = 0,477$.

23. (UNIP-SP) – Uma solução foi preparada pela dissolução de 0,090 mol de HNO_3 em água suficiente para produzir 450 mL de solução. Considerando o ácido totalmente ionizado, o pH da solução é:

Dados: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$; $\log 2 = 0,3$

- a) 0,3 b) 0,7 c) 1,3 d) 2,0 e) 2,3

24. (FUVEST-SP) – Ao tomar dois copos de água, uma pessoa diluiu seu suco gástrico (solução contendo ácido clorídrico), de $\text{pH} = 1$, de 50 para 500 mL. Qual será o pH da solução resultante logo após a ingestão da água?

- a) 0 b) 2 c) 4 d) 6 e) 8

25. (FESP-UPE) – O vibrião colérico não sobrevive em meio de pH = 3, ou mais ácido. O número de gotas de uma solução 1,0 mol/L de ácido clorídrico que se deve introduzir em 10 litros de água, a fim de eliminar o vibrião colérico é:

- a) 10 gotas b) 100 gotas c) 30 gotas
d) 200 gotas e) 50 gotas

Admita que não há alteração de volume e que o volume de uma gota é 0,05 mL.

26. (FUVEST-SP) – Em um acidente, 200 litros de ácido sulfúrico concentrado, de concentração 18 mol/L, foram derramados em uma lagoa com aproximadamente $7,2 \times 10^7$ litros de água. Os peixes dessa lagoa não sobrevivem em meio de pH menor do que 5.

a) Supondo que o ácido se distribuisse uniformemente e que a água estivesse neutra antes do acidente, haveria mortandade dos peixes? Justifique, mostrando os cálculos.

b) Calcule a quantidade de cal necessária para neutralizar o ácido derramado.

Massa molar do CaO = 56 g/mol

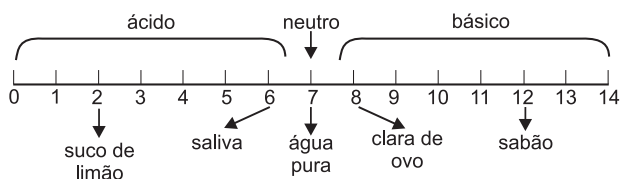
27. (MODELO ENEM) – Para evitar que os meninos continuem urinando nas piscinas, que devem estar em pH neutro, vem sendo usado na água um indicador que passa de incolor para vermelho vivo no momento em que a acidez aumenta pela adição de ácido úrico. Considerando-se o volume de 4,5 litros de água de uma piscina, atingido por meio litro de urina contendo H^+ na concentração 10^{-3} mol/L, a variação de pH da água dessa piscina será, aproximadamente, de:

- a) 1 unidade. b) 2 unidades.
c) 3 unidades. d) 4 unidades.

28. (ITA-SP) – Juntando 1,0 litro de uma solução aquosa de HCl, com pH = 1,0, a 10,0 litros de uma solução aquosa de HCl com pH = 6,0, qual das opções abaixo contém o valor de pH que mais se aproxima do pH de 11,0 litros da mistura obtida?

- a) pH \approx 0,6. b) pH \approx 1,0. c) pH \approx 2,0.
d) pH \approx 3,5. e) pH \approx 6,0.

29. (ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) – O pH informa a acidez ou a basicidade de uma solução. A escala abaixo apresenta a natureza e o pH de algumas soluções e da água pura, a 25°C.



Uma solução desconhecida estava sendo testada no laboratório por um grupo de alunos. Esses alunos decidiram que deveriam medir o pH dessa solução como um dos parâmetros escolhidos na identificação da solução. Os resultados obtidos estão na tabela a seguir.

Aluno	Valor de pH
Carlos	4,5
Gustavo	5,5
Simone	5,0
Valéria	6,0
Paulo	4,5
Wagner	5,0
Renata	5,0
Rodrigo	5,5
Augusta	5,0
Eliane	5,5

Da solução testada pelos alunos, o professor retirou 100mL e adicionou água até completar 200mL de solução diluída. O próximo grupo de alunos a medir o pH deverá encontrar para o mesmo:

- a) valores inferiores a 1,0. b) os mesmos valores.
c) valores entre 5 e 7. d) valores entre 5 e 3.
e) sempre o valor 7.

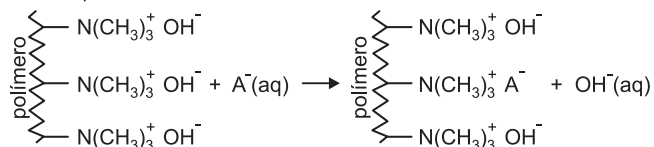
30. (FUVEST-SP) – Íons indesejáveis podem ser removidos da água, tratando-a com resinas de troca iônica, que são constituídas por uma matriz polimérica, à qual estão ligados grupos que podem reter cátions ou ânions.

Assim, por exemplo, para o sal C^+A^- , dissolvido na água, a troca de cátions e ânions, com os íons da resina, pode ser representada por:

Resina tipo I - Removedora de cátions



Resina tipo II - Removedora de ânions



No tratamento da água com as resinas de troca iônica, a água atravessa colunas de vidro ou plástico, preenchidas com a resina sob a forma de pequenas esferas. O líquido que sai da coluna é chamado de eluído. Considere a seguinte experiência, em que água, contendo cloreto de sódio e sulfato de cobre (II) dissolvidos, atravessa uma coluna com resina do tipo I. A seguir, o eluído, assim obtido, atravessa outra coluna, desta vez preenchida com resina do tipo II.

Supondo que ambas as resinas tenham sido totalmente eficientes, indique

- a) os íons presentes no eluído da coluna com resina do tipo I.
 b) qual deve ser o pH do eluído da coluna com resina do tipo I (maior, menor ou igual a 7). Justifique.
 c) quais íons foram retidos pela coluna com resina do tipo II.
 d) qual deve ser o pH do eluído da coluna com resina do tipo II (maior, menor ou igual a 7). Justifique.

31. (ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –

A chuva em locais não poluídos é levemente ácida. Em locais onde os níveis de poluição são altos, os valores do pH da chuva podem ficar abaixo de 5,5, recebendo, então, a denominação de “chuva ácida”. Este tipo de chuva causa prejuízos nas mais diversas áreas: construção civil, agricultura, monumentos históricos, entre outras.

A acidez da chuva está relacionada ao pH da seguinte forma: concentração de íons hidrogênio = $10^{-\text{pH}}$, sendo que o pH pode assumir valores entre 0 e 14.

Ao realizar o monitoramento do pH da chuva em Campinas (SP) nos meses de março, abril e maio de 1998, um centro de pesquisa coletou 21 amostras, das quais quatro têm seus valores mostrados na tabela:

Mês	Amostra	pH
Março	6 ^a	4
Abril	8 ^a	5
Abril	14 ^a	6
Maio	18 ^a	7

A análise da fórmula e da tabela permite afirmar que:

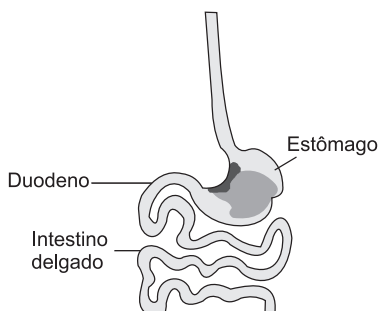
- I. da 6^a para a 14^a amostra ocorreu um aumento de 50% na acidez.
 II. a 18^a amostra é a menos ácida dentre as expostas.
 III. a 8^a amostra é dez vezes mais ácida que a 14^a.
 IV. as únicas amostras de chuvas denominadas ácidas são a 6^a e a 8^a.

São corretas apenas as afirmativas

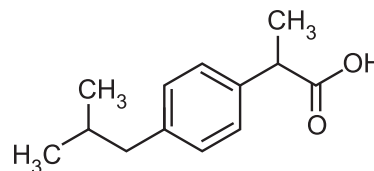
- a) I e II. b) II e IV. c) I, II e IV.
 d) I, III e IV. e) II, III e IV.

32. (UNICAMP-SP) – A figura abaixo esquematiza o sistema

digestório humano que desempenha um importante papel na dissolução e absorção de substâncias fundamentais no processo vital. De maneira geral, um medicamento é absorvido quando suas moléculas se encontram na forma neutra. Como se sabe, o pH varia ao longo do sistema digestório.



- a) Associe as faixas de valores de pH (7,0 – 8,0; 1,0 – 3,0 e 6,0 – 6,5) com as partes do sistema digestório humano indicadas no desenho.
 b) Calcule a concentração média de H^+ em mol/L no estômago. (Dados: $\log 2 = 0,30$; $\log 3 = 0,48$; $\log 5 = 0,70$ e $\log 7 = 0,85$).
 c) Em que parte do sistema digestório a substância representada abaixo será preferencialmente absorvida? Justifique.



Ibuprofen

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Módulo 19 – Reações de Deslocamento

1. (ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) – Um dos problemas ambientais decorrentes da industrialização é a poluição atmosférica. Chaminés altas lançam ao ar, entre outros materiais, o dióxido de enxofre (SO₂) que pode ser transportado por muitos quilômetros em poucos dias. Dessa forma, podem ocorrer precipitações ácidas em regiões distantes, causando vários danos ao meio ambiente (chuva ácida).

Um dos danos ao meio ambiente diz respeito à corrosão de certos materiais. Considere as seguintes obras:

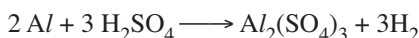
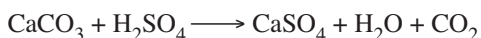
- I. monumento Itamarati – Brasília (mármore).
- II. esculturas do Aleijadinho – MG (pedra-sabão, contém carbonato de cálcio).
- III. grades de ferro ou alumínio de edifícios.

A ação da chuva ácida pode acontecer em

- a) I, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

Resolução

Os ácidos nítrico e sulfúrico, presentes na chuva ácida, reagem com o carbonato de cálcio, ferro e alumínio.

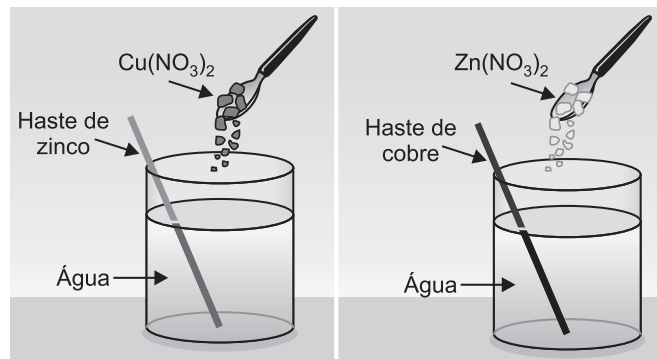


Carbonato de cálcio (CaCO₃) aparece na constituição do mármore e da pedra-sabão.

Resposta: E

2. (UFMG – MODELO ENEM) – João e Maria estavam fazendo experiências no Laboratório de Química.

Nestas figuras, estão representados, esquematicamente, os materiais então utilizados por eles:



Experimento realizado por João

Experimento realizado por Maria

Para facilitar a dissolução de nitrato de cobre em água, João usou uma haste de zinco. No final do experimento, a haste estava corroída e formou-se uma solução incolor e um sólido, que, após algum tempo, se depositou no fundo do recipiente.

Maria, por sua vez, utilizou uma haste de cobre para dissolver nitrato de zinco em água. No final do experimento, ela obteve uma solução incolor e a haste manteve-se intacta.

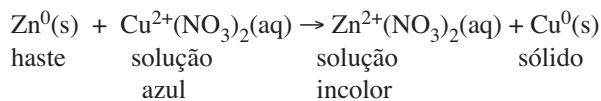
Sabe-se que as soluções aquosas de nitrato de cobre (II), Cu(NO₃)₂, são azuis e que as de nitrato de zinco (II), Zn(NO₃)₂, são incolores.

Considerando-se os dois experimentos descritos, é correto afirmar que

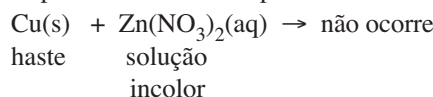
- a) João obteve uma solução aquosa de nitrato de zinco.
- b) Maria obteve uma solução aquosa de nitrato de cobre.
- c) o cobre metálico é oxidado na dissolução do nitrato de zinco.
- d) o precipitado formado na dissolução do nitrato de cobre (II) é zinco metálico.

Resolução

Experimento realizado por João:



Experimento realizado por Maria:



João obteve uma solução aquosa incolor de nitrato de zinco.

Resposta: A

3. (FUVEST-SP) – O Brasil é campeão de reciclagem de latinhas de alumínio. Essencialmente, basta fundi-las, sendo, entretanto, necessário compactá-las, previamente, em pequenos fardos. Caso contrário, o alumínio queimaria no forno, onde tem contato com oxigênio do ar.

- a) Escreva a equação química que representa a queima do alumínio.
- b) Use argumentos de cinética química para explicar por que as latinhas de alumínio queimam, quando jogadas diretamente no forno, e por que isso não ocorre, quando antes são compactadas?

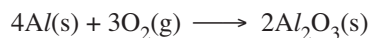
Uma latinha de alumínio vazia pode ser quebrada em duas partes, executando-se o seguinte experimento:

- Com uma ponta metálica, risca-se a latinha em toda a volta, a cerca de 3 cm do fundo, para remover o revestimento e expor o metal.
- Prepara-se uma solução aquosa de CuCl₂, dissolvendo-se 2,69g desse sal em 100mL de água. Essa solução tem cor verde-azulada.
- A latinha riscada é colocada dentro de um copo de vidro, contendo toda a solução aquosa de CuCl₂, de tal forma a cobrir o risco. Mantém-se a latinha imersa, colocando-se um peso sobre ela.

Após algum tempo, observa-se total **descoramento da solução** e formação de um sólido floculoso avermelhado tanto sobre o risco, quanto no fundo da latinha. Um pequeno esforço de torção sobre a latinha a quebra em duas partes.

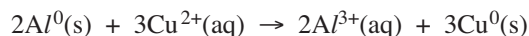
- c) Escreva a equação química que representa a transformação responsável pelo enfraquecimento da latinha de alumínio.
- d) Calcule a massa total do sólido avermelhado que se formou no final do experimento, ou seja, quando houve total descoloramento da solução.

Dados: massas molares (g/mol): Cu 63,5
Cl 35,5

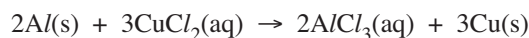


- b) Quando compactamos a lata, temos diminuição da superfície de contato com o oxigênio do ar, o que diminui a velocidade de combustão.

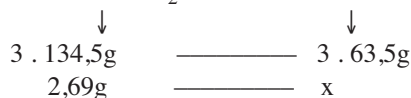
c) Temos reação de deslocamento:



ou



d) 3 mol de $CuCl_2$ ————— 3 mol de Cu



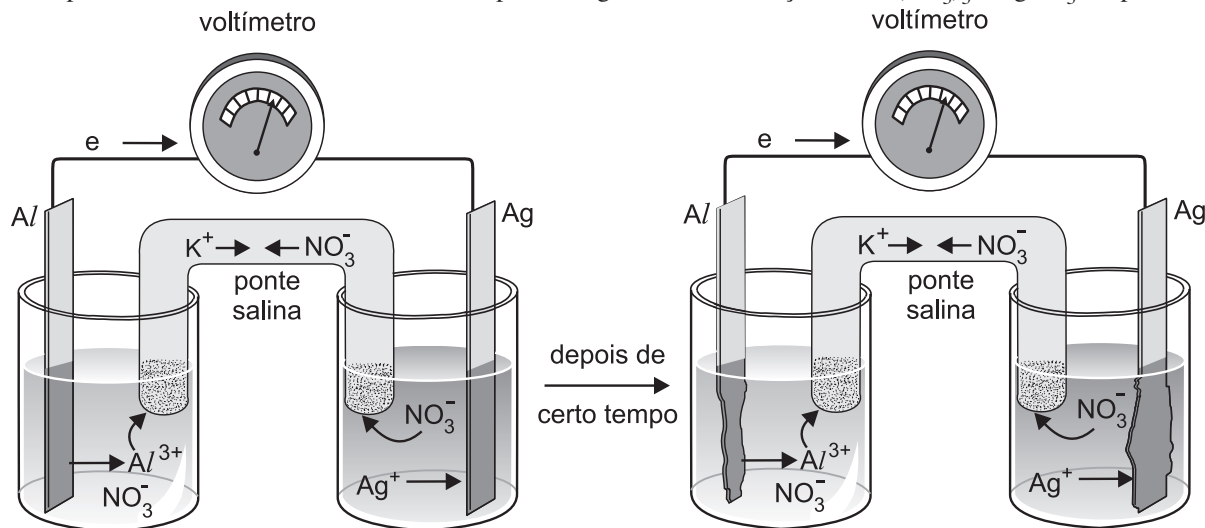
$$x = 1,27g$$

Resolução

- a) A combustão do alumínio pode ser representada pela equação:

Módulo 20 – Eletroquímica: Pilha Galvânica

4. Considere a pilha utilizando eletrodos de alumínio e prata mergulhados em soluções de $Al(NO_3)_3$ e $AgNO_3$, respectivamente.



- a) O anodo da pilha é o eletrodo de
- b) O catodo da pilha é o eletrodo de
- c) O sentido dos elétrons no circuito externo é do eletrodo de para o eletrodo de
- d) O polo negativo é o eletrodo de
- e) O polo positivo é o eletrodo de
- f) Semirreação no anodo:
- g) Semirreação no catodo:
- h) Equação global da pilha:

Resolução

- a) Alumínio (sofre oxidação).
- b) Prata (sofre redução).
- c) Eletrodo de alumínio para o eletrodo de prata.
- d) Alumínio.
- e) Prata.

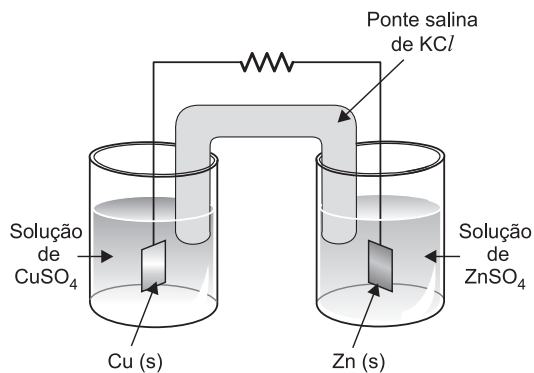
- f) $Al(s) \rightarrow 3e^- + Al^{3+}(aq)$.
- g) $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag^0(s)$.
- h) $Al(s) + 3Ag^+(aq) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3Ag(s)$.

5. (UNICAMP-SP – VAGAS REMANESCENTES) – A pilha de Daniel consiste em um eletrodo de cobre imerso em uma solução de sulfato de cobre II e em um eletrodo de zinco imerso em uma solução aquosa de sulfato de zinco. A pilha se completa pela colocação de uma ponte salina de solução de cloreto de potássio conectando as duas soluções onde estão imersos os dois eletrodos. No funcionamento da pilha, no eletrodo de cobre ocorre uma redução e no de zinco ocorre uma oxidação.

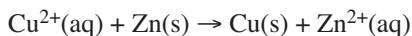
- a) A partir dessas informações, desenhe uma pilha de Daniel.
- b) Escreva a equação química correspondente ao funcionamento espontâneo da pilha, e diga que eletrodo sofrerá maior variação de massa, sabendo-se que as massas molares são: cobre = 63,5 e zinco = 65,4 g mol⁻¹.

Resolução

a)



b) Conforme descreve o enunciado, num processo espontâneo, no eletrodo de cobre ocorre uma redução, então íons Cu^{2+} estão se depositando nesse eletrodo. Logo, no eletrodo de zinco está ocorrendo uma oxidação e, portanto, o eletrodo está sendo consumido. Como descreve o enunciado, os elementos envolvidos na reação têm íons de mesma carga, $2+$, então a estequiometria da reação é de 1:1:



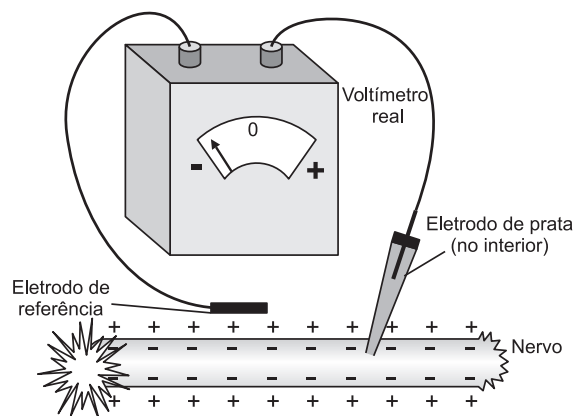
Como a estequiometria é de 1:1, logo o elemento que tem maior massa molar terá o eletrodo sofrendo a maior variação de massa: ZINCO.

Módulo 21 – Potencial de Redução e Cálculo de ΔE

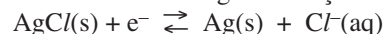
6. (MODELO ENEM) – Em outubro de 2003, Peter Agre e Roderick MacKinnon foram laureados com o prêmio Nobel de Química por seus estudos acerca de canais de membranas por meio dos quais ocorre a passagem de substâncias para dentro e para fora da célula. As membranas das células excitáveis possuem canais iônicos que permitem a difusão seletiva de íons através delas. Os principais íons que se difundem são o K^+ e o Cl^- . A presença de grandes moléculas com carga dentro das células, que não podem atravessar a membrana celular, principalmente proteínas aniônicas, produz efeitos importantes. A maior concentração dessas proteínas no meio intracelular provoca um aumento da concentração de K^+ nesse meio. Por outro lado, como os íons se difundem da região de alta para a de baixa concentração, K^+ se difunde para fora da célula, em um equilíbrio dinâmico, criando uma alteração no potencial da membrana de maneira que a face interna fica negativa em relação à externa. Nessa situação, o potencial resultante é denominado potencial de membrana.

Determinados estímulos podem afetar a condutância de alguns canais iônicos. No caso em que a célula nervosa é adequadamente estimulada, a condutância dos canais de sódio existentes na membrana aumenta e, com isso, os íons sódio passam em grande quantidade para o interior do axônio, o que faz que o potencial interno da membrana se torne subitamente positivo. Entretanto, essa entrada de íons Na^+ é muito fugaz, durando menos de um milésimo de segundo, e, após seu término, é restabelecida a negatividade na face interna da membrana. Essa alteração do potencial de membrana é chamada de

potencial de ação, que pode propagar-se pela célula nervosa. Na figura a seguir, é apresentado um esquema de instrumento para medir o potencial de membrana do axônio de células nervosas.



O potencial de membrana da célula nervosa em repouso pode ser medido por meio de um aparato cujo esquema é mostrado na figura. O eletrodo de prata consiste em um fio de prata revestido por cloreto de prata, mergulhado em uma solução saturada de KCl . Esse eletrodo representa o catodo nesse sistema e seu funcionamento é embasado na seguinte reação eletroquímica:



Potencial de redução: $E = +182,1\text{mV}$

Do lado de fora da membrana, é colocado um eletrodo de referência, que funciona como anodo e cujo potencial de redução é igual a $+272,1\text{mV}$ a 25°C . A voltagem mostrada no voltímetro é o potencial de membrana.

O potencial de membrana da célula em repouso é calculado pela diferença entre o potencial de redução do catodo e o potencial de redução do anodo. O valor desse potencial é:

- a) $+90\text{mV}$ b) -90mV c) $+454,2\text{mV}$
d) $-454,2\text{mV}$ e) -180mV

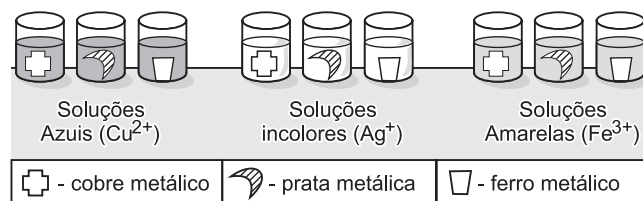
Resolução

O potencial de membrana da célula em repouso é calculado pela equação:

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_{\text{catodo}} - E_{\text{anodo}} \\ \Delta E &= +182,1\text{mV} - (+272,1\text{mV}) \\ \Delta E &= -90,0\text{mV} \end{aligned}$$

Resposta: B

7. (UNICAMP-SP) – A festa já estava para terminar, mas nenhum dos convidados sabia o motivo dela... Sobre o balcão, Dina pousou nove copos, com diferentes soluções e nelas colocou pequenos pedaços dos metais cobre, prata e ferro, todos recentemente polidos, como mostra o desenho na situação inicial:



“Para que a festa seja completa e vocês tenham mais uma pista do motivo da comemoração, respondam às perguntas”, bradava Dina, eufórica, aos interessados:

- a) “Em todos os casos onde há reação, um metal se deposita sobre o outro enquanto parte desse último vai para a solução. Numa das combinações, a cor do depósito não ficou muito diferente da cor do metal antes de ocorrer a deposição. Qual é o símbolo químico do metal que se depositou nesse caso? Justifique usando seus conhecimentos de química e os dados da tabela fornecida.”
- b) “A solução que mais vezes reagiu se tornou azulada, numa das combinações. Que solução foi essa? Qual a equação química da reação que aí ocorreu?”

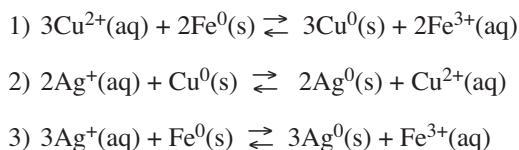
Dados:

Par	Potencial padrão de redução/volts
Cu ²⁺ /Cu	0,34
Fe ³⁺ /Fe	-0,04
Ag ⁺ /Ag	0,80

Resolução

- a) O metal depositado é Ag.

As reações que ocorrem espontaneamente são aquelas cujo cátion do metal depositado apresenta maior potencial de redução:

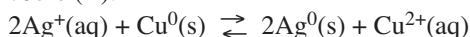


Em ①, depósito de cobre metálico avermelhado sobre ferro metálico cinza prateado.

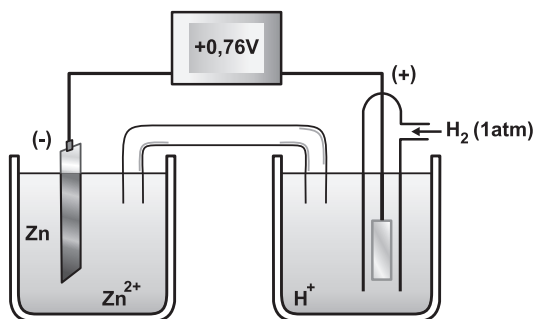
Em ②, depósito prateado de prata metálica sobre cobre metálico avermelhado.

Em ③, depósito prateado de prata metálica sobre ferro metálico cinza prateado.

- b) A solução que mais reagiu é a que contém os íons do metal com maior potencial de redução, isto é, a solução de íons prata. Essa solução ficou azulada devido à formação de íons cobre (II):



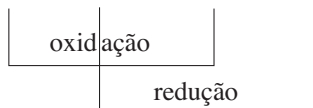
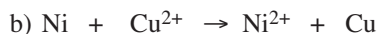
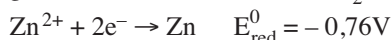
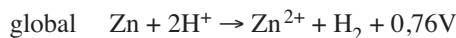
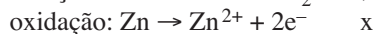
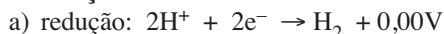
8. (UNIFESP) – A figura apresenta uma célula voltaica utilizada para medida de potencial de redução a 25°C. O eletrodo-padrão de hidrogênio tem potencial de redução igual a zero. A concentração das soluções de íons H⁺ e Zn²⁺ é de 1,00 mol/L.



Utilizando, separadamente, placas de níquel e de cobre e suas soluções de Ni²⁺ e de Cu²⁺, verificou-se que Ni e Cu apresentam potenciais-padrão de redução respectivamente iguais a -0,25 V e +0,34 V.

- a) Escreva as equações de redução, oxidação e global e determine o valor do potencial padrão de redução do Zn.
- b) Para a pilha de Ni e Cu, calcule a ddp (diferença de potencial) e indique o eletrodo positivo.

Resolução



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

$$\Delta E = +0,34\text{V} - (-0,25\text{V})$$

$$\Delta E = +0,59\text{V}$$

9. (UNESP – MODELO ENEM) – Atualmente, a indústria produz uma grande variedade de pilhas e baterias, muitas delas impossíveis de serem produzidas sem as pesquisas realizadas pelos eletroquímicos nas últimas décadas. Para todas as reações que ocorrem nestas pilhas e baterias, utiliza-se o valor de E⁰ do eletrodo-padrão de hidrogênio, que convencionalmente foi adotado como sendo 0V. Com base nesse referencial, foram determinados os valores de E⁰ a 25°C para as semicelas a seguir.

semirreação	E ⁰ (V)
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0,00*
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^0(\text{s})$	+ 0,34**
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^0(\text{s})$	- 0,76**
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}^0(\text{s})$	+ 0,80**

* eletrodo-padrão

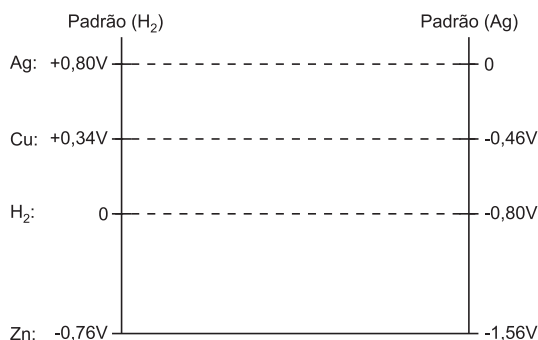
** em relação ao eletrodo-padrão

Caso o valor de E⁰ da semirreação de redução da prata tivesse sido adotado como padrão, seria correto afirmar que

- a) a produção de pilhas e baterias pela indústria seria inviabilizada.
- b) a pilha de Daniell ($\text{Zn}(\text{s}) | \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) || \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) | \text{Cu}(\text{s})$) seria de 1,9V.
- c) todas as pilhas poderiam ter 0,80V a mais do que têm hoje.
- d) apenas algumas pilhas poderiam não funcionar como funcionam hoje.
- e) nenhuma mudança na ddp de pilhas e baterias seria notada.

Resolução

No caso do eletrodo de prata ser utilizado como o padrão, o valor do potencial de eletrodo E⁰ de cada semirreação seria alterado, mas a ddp das pilhas permaneceria a mesma, pois a ddp é a diferença de potencial, ΔE⁰, e não depende do padrão utilizado.



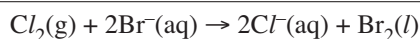
Na pilha de Daniell, teríamos:

$$\text{padrão (H}_2\text{)}: \Delta E^0 = 0,34\text{V} - (-0,76\text{V}) = 1,10\text{V}$$

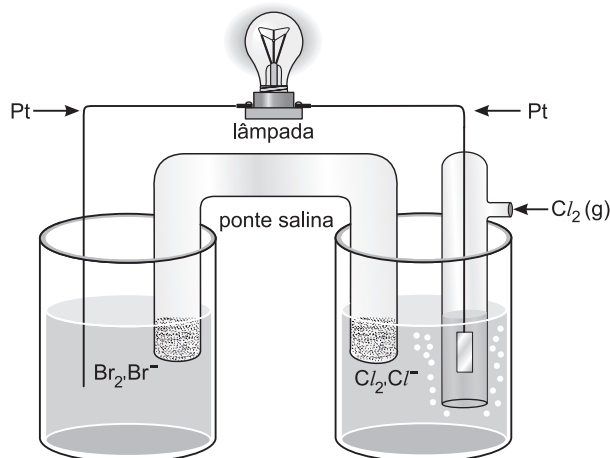
$$\text{padrão (Ag)}: \Delta E^0 = -0,46\text{V} - (-1,56\text{V}) = 1,10\text{V}$$

Resposta: E

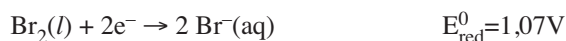
10. Borbulhando gás cloro (Cl_2) em solução aquosa de NaBr , ocorre a reação espontânea:



Essa reação pode ser utilizada como fonte de energia elétrica na pilha galvânica esquematizada a seguir:



Ambos os eletrodos são de platina, pois o Br_2 é líquido e o Cl_2 é gás. Dados os potenciais de redução:



Determine

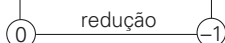
- as semirreações que ocorrem no anodo e no catodo;
- o sentido dos elétrons no circuito externo;
- o sentido dos íons no interior da pilha;
- a voltagem fornecida pela pilha (E_{total} ou ΔV).

Resolução

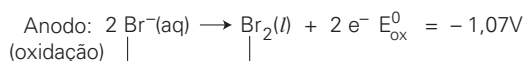
- A espécie de maior potencial de redução sofre redução no catodo.



(redução)



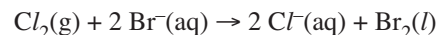
A espécie de maior potencial de oxidação sofre oxidação no anodo. Invertendo a primeira semirreação, temos:



(oxidação)



Somando as duas semirreações, temos a equação global:



- Os elétrons se movimentam do **anodo** (fio de Pt mergulhado no bromo líquido) para o **catodo** (fio de Pt em contato com o gás cloro).
- Os ânions se dirigem para o anodo (fio de Pt na esquerda) e os cátions vão para o catodo (fio de Pt na direita).
- $\Delta V^0 = E_{\text{red}}^0 + E_{\text{ox}}^0$
 $\Delta V^0 = 1,36\text{V} - 1,07\text{V}$
 $\Delta V^0 = 0,29\text{V}$

11. (FUVEST-SP)

	$E^*(\text{V})$
$\text{CH}_3\text{OH} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	0,59
$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	1,23

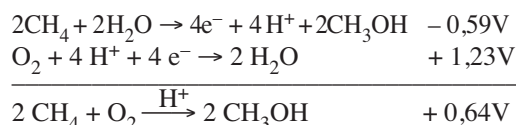
E^* = potencial de redução para a semirreação nas condições-padrão.

Com base nos dados acima, nessas condições,

- mostre que, em meio ácido, seria possível obter metanol (CH_3OH) a partir de metano (CH_4) e oxigênio (O_2).
- Escreva a equação balanceada que representaria essa transformação.

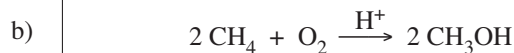
Resolução

- Podemos demonstrar a obtenção de metanol a partir do metano e oxigênio, invertendo a primeira equação e multiplicando-a por dois e mantendo a segunda equação, da seguinte forma:

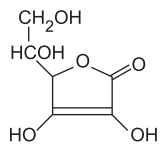


Como a ddp (diferença de potencial) é positiva, o processo é espontâneo, o que torna a reação possível.

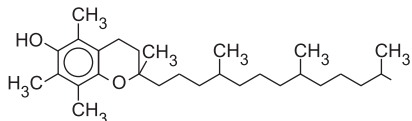
Nota-se que o potencial de redução do oxigênio é maior que o potencial de redução do metanol.



12. (UNIFESP) – As vitaminas C e E, cujas formas estruturais são apresentadas a seguir, são consideradas antioxidantes, pois impedem que outras substâncias sofram destruição oxidativa, oxidando-se em seu lugar. Por isso, são muito utilizadas na preservação de alimentos.



Vitamina C



Vitamina E

A vitamina E impede que as moléculas de lipídios sofram oxidação dentro das membranas da célula, oxidando-se em seu lugar. A sua forma oxidada, por sua vez, é reduzida na superfície da membrana por outros agentes redutores, como a vitamina C, a qual apresenta, portanto, a capacidade de regenerar a vitamina E.

- a) Explique, considerando as fórmulas estruturais, por que a vitamina E é um antioxidante adequado na preservação de óleos e gorduras (por exemplo, a margarina), mas não o é para sucos concentrados de frutas.
- b) Com base no texto, responda e justifique:
- qual das duas semirreações seguintes, I ou II, deve apresentar maior potencial de redução?
- I. Vit. C (oxidada) + $ne^- \rightleftharpoons$ Vit. C
- II. Vit. E (oxidada) + $ne^- \rightleftharpoons$ Vit. E
- qual vitamina, C ou E, é melhor antioxidante (reductor)?

Resolução

- a) Óleos e gorduras são apolares, enquanto sucos concentrados de frutas são polares.
- A vitamina E, por apresentar caráter apolar (longa cadeia carbônica) solubiliza-se em óleos e gorduras e, portanto, é um antioxidante adequado. Não se dissolve nos sucos de frutas e, portanto, não é adequada.
- b) De acordo com o texto, a vitamina E (oxidada) é reduzida pela vitamina C, ou seja:



A vitamina E (oxidada) sofre redução, ou seja, apresenta maior potencial de redução que a vitamina C(oxidada).

Potencial de redução II > Potencial de redução I

O melhor antioxidante (reductor) é o de menor potencial de redução, ou seja, a vitamina C.

Módulo 22 – Espontaneidade de uma Reação, Eletrólise, Cuba Eletrolítica e Eletrólise Ígnea

13. (ENCCEJA – EXAME NACIONAL DE CERTIFICAÇÃO DE COMPETÊNCIAS DE JOVENS E ADULTOS – MODELO ENEM) – Há diversas situações em que é necessário o uso residencial de dispositivos geradores de energia elétrica como alternativa à rede de distribuição pública. Alguns desses dispositivos são:

- I. Geradores a óleo diesel ou gasolina: convertem a energia térmica da queima de combustíveis em energia elétrica.

- II. Geradores eólicos: a energia do vento é convertida em energia elétrica.
- III. Geradores hidráulicos: uma roda d'água é acoplada a um dínamo, que gera energia elétrica.
- IV. Geradores eletroquímicos (pilhas e baterias): reações químicas geram energia elétrica. Alguns podem ser recarregáveis; outros não.

O uso de cada um desses dispositivos tem vantagens e desvantagens. Identifique a linha da tabela abaixo que associa corretamente os dispositivos às suas características.

Opção	Geram resíduos poluidores os dispositivos	Não geram resíduos poluidores os dispositivos	Funcionam da mesma forma, independentemente do local, tempo, clima e época do ano os dispositivos
a)	II e III	I e IV	II e III
b)	II e III	I e IV	I e IV
c)	I e IV	II e III	I e IV
d)	I e IV	II e III	II e III

Resolução

Geram resíduos poluidores os dispositivos I (produção de gases poluentes) e IV (metais pesados: Cd, Hg, Pb).

Os geradores eólicos (II) e os hidráulicos (III) funcionam dependendo do local, do clima, do tempo e da época do ano, o que não acontece com os dispositivos (I) e (IV).

Resposta: C

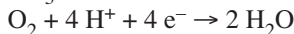
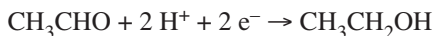
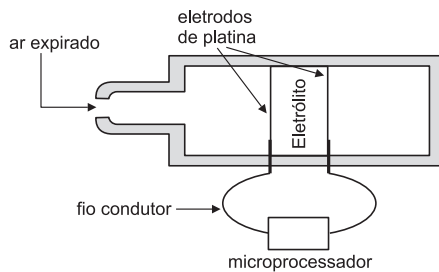
14. (UFSC – MODELO ENEM) – Novas baterias com maior autonomia para aparelhos celulares têm surgido no mercado de telefonia nos últimos anos. Esse desempenho é um grande atrativo para consumidores, já que podem utilizar seus aparelhos por vários dias sem necessidade de recarga frequente, como acontecia com os primeiros aparelhos. Sobre as baterias de celulares, pode-se afirmar que são dispositivos que
- a) armazenam energia elétrica quando são recarregados.
 - b) durante o seu funcionamento, apresentam catodo como polo positivo e anodo como polo negativo.
 - c) durante o seu funcionamento, apresentam processos classificados como não espontâneos, já que precisam ser recarregados.
 - d) durante o seu funcionamento, convertem a energia elétrica em química.
 - e) durante o seu funcionamento, o fluxo de elétrons se dá do anodo para o catodo através de um eletrólito.

Resolução

- a) **Errado.** As baterias armazenam energia química.
- b) **Correto.** No anodo, ocorre oxidação (perda de elétrons) e, portanto, é o polo negativo. No catodo, ocorre redução (ganho de elétrons) e, portanto, é o polo positivo.
- c) **Errado.** Durante o funcionamento, o processo é espontâneo.
- d) **Errado.** Durante o funcionamento, energia química é convertida em energia elétrica.
- e) **Errado.** Durante o funcionamento, o fluxo de elétrons se dá do anodo para o catodo através do circuito externo.

Resposta: B

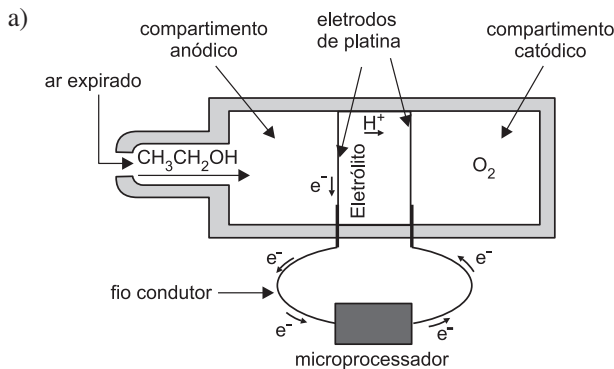
15. (UNIFESP) – A “Lei Seca”, de 19 de junho de 2008, tornou mais severas as punições para motoristas flagrados dirigindo após a ingestão de bebida alcoólica. A maioria dos etilômetros portáteis (“bafômetros”, esquema representado na figura), utilizados pela autoridade policial, baseia-se em medidas eletroquímicas, usando células a combustível. A célula tem dois eletrodos de platina com um eletrólito colocado entre eles. A platina catalisa a reação de oxidação do álcool e os íons H^+ migram para o outro eletrodo através do eletrólito, reagindo com gás oxigênio. Quanto maior a quantidade de etanol no ar expirado pelo cidadão, maiores serão a quantidade de etanol oxidado e a intensidade de corrente elétrica, a qual é registrada por um microprocessador que, acoplado ao circuito externo, calcula a concentração de álcool no sangue.



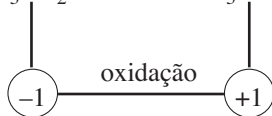
(www.portal.mec.gov.br/seb/arquivos. Adaptado.)

- a) Transcreva para a folha de respostas o esquema do “bafômetro” e indique nele o sentido do fluxo dos elétrons e os compartimentos catódico e anódico.
 b) Escreva a equação da reação global da pilha.

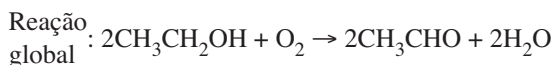
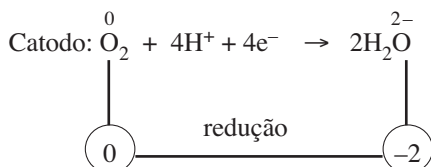
Resolução



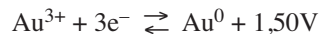
- b) Semirreação de oxidação do álcool:
 Anodo: $2CH_3CH_2OH \rightarrow 2CH_3CHO + 4H^+ + 4e^-$



Semirreação de redução:



16. Consideremos as semirreações e os respectivos potenciais:



Pedem-se:

- a) o melhor oxidante;
 b) o melhor redutor;
 c) o ΔV da reação espontânea formada pela junção dessas duas semirreações.

Resolução

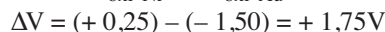
a e b – O potencial dado é de redução (E^0_R). Quanto maior o E^0_R , melhor o oxidante.

Assim, Au^{3+} é o melhor oxidante (tem o maior E^0_R : + 1,50V).

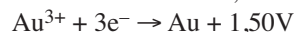
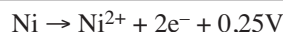
Ao melhor oxidante está acoplado o pior redutor: Au^0 .

O melhor redutor será, portanto, Ni, que está acoplado ao pior oxidante (Ni^{2+}).

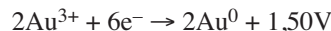
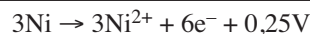
c – como a reação é espontânea, o elétron vai do níquel para o cátion Au^{3+} .



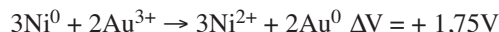
ou, de outra forma, podemos calcular o ΔV pela soma das semirreações que realmente ocorrem:



Multiplicando-se a primeira por 3 e a segunda por 2, vem:



Somando membro a membro:



17. (MODELO ENEM) – O alumínio é o mais abundante de todos os metais. É obtido a partir do minério bauxita ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) por redução eletrolítica (processo Hall-Héroult). A bauxita purificada (Al_2O_3 ; alumina) é dissolvida em criolita fundida (Na_3AlF_6) e eletrolisada a cerca de $1000^\circ C$. O anodo consiste em barras de grafita mergulhadas na mistura fundida. O catodo é uma caixa de ferro revestida de grafita. O alumínio é obtido no estado fundido (líquido).

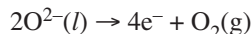
Desprezando o desgaste do anodo, pode-se concluir que

- a) no anodo ocorre a semirreação $Al^{3+}(l) + 3e^- \rightarrow Al^0(l)$
 b) no catodo ocorre a semirreação $2O^{2-}(l) \rightarrow 4e^- + O_2(g)$
 c) o alumínio tem temperatura de fusão menor que $1000^\circ C$.
 d) para cada mol de O_2 é obtido um mol de alumínio.
 e) o alumínio é o elemento químico mais abundante na crosta terrestre.

Resolução

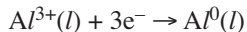
a) **Incorreta.**

No anodo ocorre oxidação:



b) **Incorreta.**

No catodo ocorre redução:

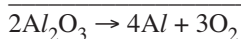
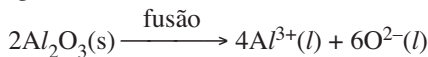


c) **Correta.**

Como o processo é realizado a cerca de 1000°C e o alumínio é obtido no estado líquido, conclui-se que a temperatura de fusão do alumínio é menor que 1000°C.

d) **Incorreta.**

Igualando o número de elétrons cedidos e recebidos:

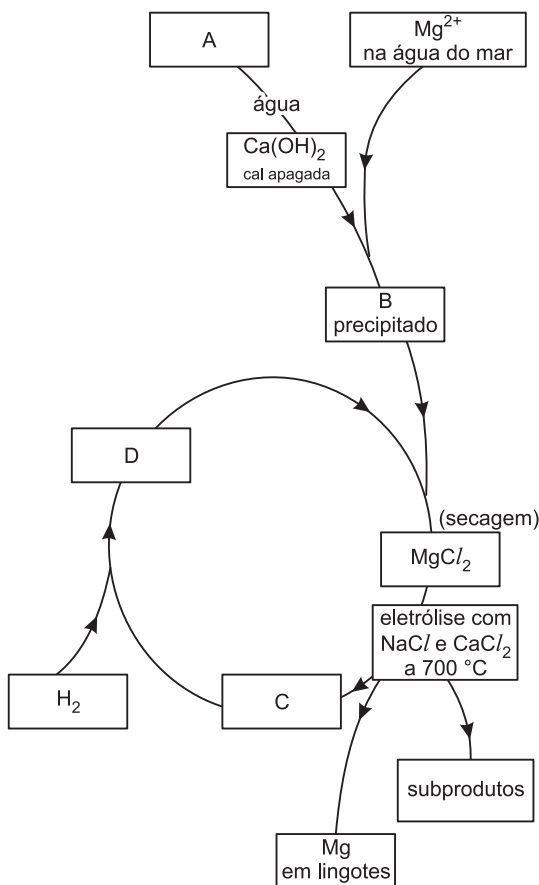


e) **Incorreta.**

O elemento químico mais abundante na crosta terrestre é oxigênio (O). O alumínio é o metal mais abundante.

Resposta: C

18. (FUVEST-SP) – O fluxograma abaixo representa um processo para a produção de magnésio metálico a partir dos íons Mg^{2+} dissolvidos na água do mar.



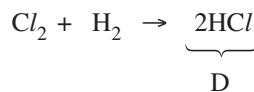
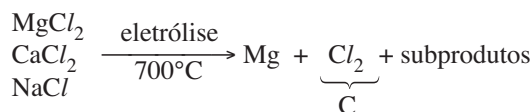
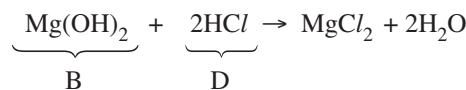
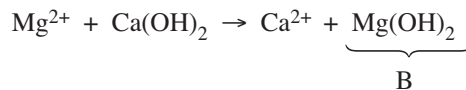
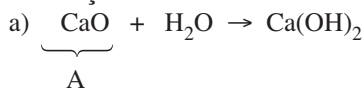
a) Preencha a tabela da página ao lado com as fórmulas químicas das substâncias que foram representadas, no fluxograma, pelas letras A, B, C e D.

Substância	A	B	C	D
Fórmula Química				

b) Escreva as duas semirreações que representam a eletrólise ígnea do $MgCl_2$, identificando qual é a de oxidação e qual é a de redução.

c) Escreva a equação química que representa um método, economicamente viável, de produzir a substância A.

Resolução

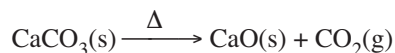


A	B	C	D
CaO	Mg(OH) ₂	Cl ₂	HCl

b) Semirreação de oxidação: $2Cl^{-}(l) \rightarrow 2e^{-} + Cl_2(g)$

Semirreação de redução: $Mg^{2+}(l) + 2e^{-} \rightarrow Mg(l)$

c) Para obtenção de óxido de cálcio por um processo economicamente viável, pode-se usar a calcinação do calcário.



19. (FATEC-SP – MODELO ENEM) – Um dos grandes problemas do lixo eletrônico é o pequeno número de empresas que conhecem a tecnologia para a reciclagem de produtos como monitores e placas de circuito impresso. Uma empresa, com sede em Cingapura, conta como é seu processo de reciclagem: “Primeiramente separamos a sucata eletrônica por classe, efetuamos a destruição através da moagem e exportamos para a usina. Lá é feita uma desintoxicação (processo de elevação de temperatura em câmara selada a 1200C° e resfriamento em 4 segundos para 700C°), filtragem de dioxinas, liquidificação, separação por densidade, separação por eletrólise, decantação, refinagem e solidificação em barras.”

(<http://lixoeletronico.org/blog/o-ciclo-do-lixo-eletr%C3%B4nico-3-reciclagem>. Adaptado.)

De acordo com o processo de reciclagem exposto são feitas as seguintes afirmações:

- I. A decantação é um processo de separação.
- II. A desintoxicação é um processo térmico com taxa de variação térmica, em módulo, na ordem de 125°C por segundo.
- III. A eletrólise consiste num processo químico.

É correto o que se afirma em

- a) II, apenas.
- b) I e III, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

Resolução

I. Correto.

Decantação é um processo de separação de materiais com densidades diferentes.

II. Correto.

A temperatura caiu de 1200°C para 700°C, uma diferença de 500°C em 4 segundos, portanto uma taxa de $\frac{500}{4} = 125^\circ\text{C}$ por segundo.

III. Correto.

Eletrólise é uma reação de oxidorredução forçada pela passagem de corrente elétrica.

Resposta: E

Módulo 23 – Eletrólise em Solução Aquosa

20. (ENEM – EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO) –

Para que apresente condutividade elétrica adequada a muitas aplicações, o cobre bruto obtido por métodos térmicos é purificado eletroliticamente. Nesse processo, o cobre bruto impuro constitui o anodo da célula, que está imerso em uma solução de CuSO_4 . À medida que o cobre impuro é oxidado no anodo, íons Cu^{2+} da solução são depositados na forma pura no catodo. Quanto às impurezas metálicas, algumas são oxidadas, passando à solução, enquanto outras simplesmente se desprendem do anodo e se sedimentam abaixo dele. As impurezas sedimentadas são posteriormente processadas, e sua comercialização gera receita que ajuda a cobrir os custos do processo. A série eletroquímica a seguir lista o cobre e alguns metais presentes como impurezas no cobre bruto de acordo com suas forças redutoras relativas.

Ouro	↓ Força redutora
Platina	
Prata	
Cobre	
Chumbo	
Níquel	
Zinco	

Entre as impurezas metálicas que constam na série apresentada, as que se sedimentam abaixo do anodo de cobre são

- a) Au, Pt, Ag, Zn, Ni e Pb.
- b) Au, Pt e Ag.
- c) Zn, Ni e Pb.
- d) Au e Zn.
- e) Ag e Pb.

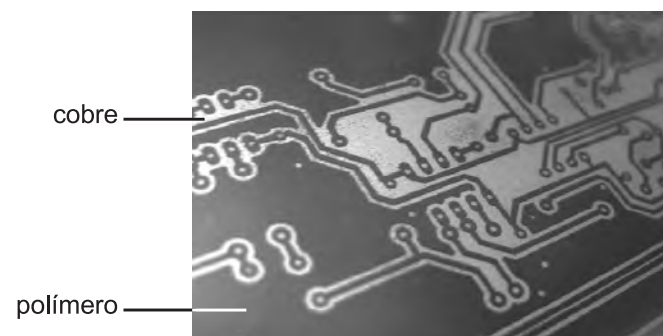
Resolução

Para um metal sofrer oxidação no anodo, ele deve possuir elevada força redutora como, por exemplo, o chumbo, o níquel e o zinco.

Os metais ouro, platina e prata apresentam baixa força redutora; portanto, esses metais apenas se desprendem do anodo, formando a chamada lama anódica.

Resposta: B

21. (FATEC-SP – MODELO ENEM) – Praticamente todos os aparelhos eletrônicos contêm uma ou mais placas de circuito impresso, nas quais são soldados os componentes. As trilhas metálicas dessas placas são de cobre, como mostra a figura a seguir.



Considere as seguintes informações, todas corretas, referentes a procedimentos experimentais (I, II, III e IV), que podem ser empregados para obtenção de cobre puro, o mais rapidamente possível, a partir de placas de circuito impresso.

- I. Ao mergulhar uma mistura de cobre e polímero em ácido nítrico, o cobre reage formando uma solução aquosa de nitrato cúprico. O polímero se mantém intacto.
- II. Limpando-se a placa e depois a quebrando em pequenos fragmentos, obtém-se um material com maior superfície de contato e que, portanto, reage mais rapidamente.
- III. Submetendo-se uma solução de nitrato cúprico à eletrólise, forma-se cobre metálico puro.
- IV. Filtrando-se uma mistura de polímero e solução de nitrato cúprico, a solução passa pelo filtro, mas o polímero fica retido.

Com base nessas informações, pode-se concluir que, para se obter cobre puro a partir de placas de circuito impresso usadas, devem-se realizar esses procedimentos na seguinte ordem:

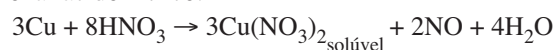
- a) II – I – IV – III.
- b) III – II – IV – I.
- c) I – III – II – IV.
- d) III – IV – II – I.
- e) II – IV – I – III.

Resolução

Para obter cobre puro a partir de placas de circuito impresso, devemos usar a seguinte ordem de procedimento:

Quebrar a placa em pequenos fragmentos para aumentar sua superfície de contato (II).

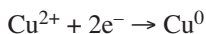
Adicionar ácido nítrico:



O polímero mantém-se intacto (I).

Ao filtrar esta mistura, fica retido no filtro o polímero, e a solução de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ atravessa o papel de filtro.

A solução que atravessou o papel de filtro é submetida a uma eletrólise, obtendo o metal cobre no catodo (III), de acordo com a equação:



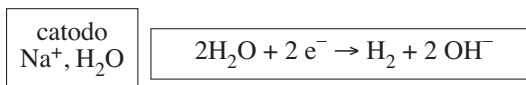
Resposta: A

22. (FEI-SP) – O gás cloro pode ser obtido pela eletrólise da água do mar ou pela eletrólise ígnea do cloreto de sódio. Assinale a afirmativa correta com relação a esses dois processos.

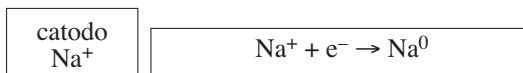
- Ambos liberam Cl_2 gasoso no catodo.
- Ambos envolvem transferência de 2 elétrons por mol de sódio.
- Ambos liberam H_2 no catodo.
- Ambos liberam Na metálico no catodo.
- Um libera H_2 e outro Na metálico no catodo.

Resolução

Eletrólise de NaCl aquoso:



Eletrólise de NaCl fundido:

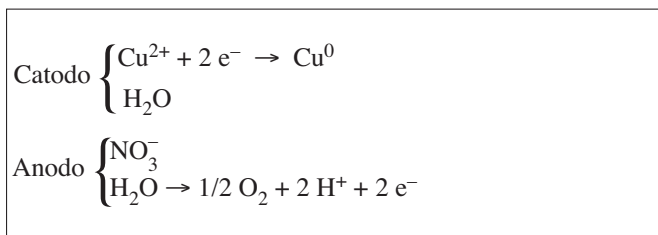


Resposta: E

23. Dê os produtos obtidos nas eletrólises de : $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ e CuBr_2 , em solução aquosa, utilizando eletrodos inertes.

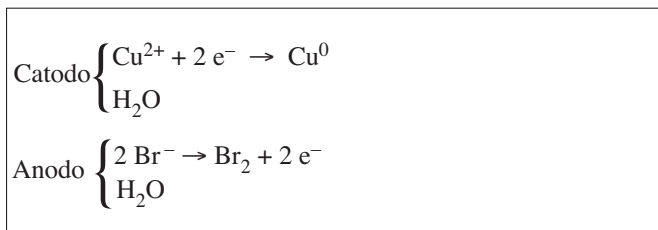
Resolução

Eletrólise do $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ aquoso.



Produz, portanto, Cu no catodo e O_2 no anodo.

Eletrólise do CuBr_2 aquoso.



A eletrólise do CuBr_2 aquoso produz Cu^0 no catodo e Br_2 no anodo.

24. (PUC-SP) – Para obter gás cloro dispõe-se dos dados, materiais e informações abaixo:

DADOS

	E_{red} (volt)
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Al}^0$	- 1,66
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}^0$	+ 0,34

MATERIAIS

1 lâmina de alumínio
 1 lâmina de cobre
 Solução 1 molar de nitrato de alumínio
 Solução 1 molar de sulfato de cobre
 Cloreto de sódio sólido
 Água
 1 cuba eletrolítica com eletrodos inertes
 2 béqueres
 1 ponte salina
 fios condutores
 espátula
 tubos de ensaio
 garras tipo jacaré (para ligar os fios aos eletrodos)

INFORMAÇÕES

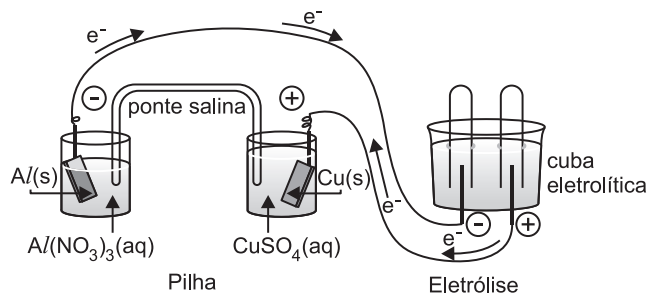
- Por eletrólise é possível decompor substâncias, desde que seja fornecida energia elétrica.
- Pilha é um sistema no qual reações químicas produzem energia elétrica.
- Nos eletrodos da pilha e da cuba eletrolítica ocorrem semirreações de oxidação e de redução.
- Em uma pilha, os elétrons saem do metal que tem potencial de oxidação mais alto e chegam ao metal de potencial de oxidação mais baixo.
- Na eletrólise do cloreto de sódio, em solução aquosa, é mais fácil reduzir H_2O do que Na^+ e mais fácil oxidar Cl^{-} do que H_2O .
- Uma solução aquosa de NaCl contém íons Na^+ e Cl^{-} , provenientes do NaCl.

Tendo como base o que foi fornecido, proponha um processo de obtenção do gás cloro. Faça um desenho esquemático desse processo em atividade. Em seguida, descreva a montagem feita e o seu funcionamento, tendo o cuidado de articular, claramente, as informações.

Para enriquecer sua descrição:

- equacione as semirreações ocorridas na pilha, indicando em que polo da pilha haverá desgaste e em qual haverá deposição de metal.
- equacione as semirreações ocorridas na cuba eletrolítica, indicando as substâncias liberadas nos eletrodos da cuba eletrolítica.

Resolução



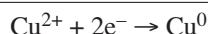
Pilha

Polo negativo (anodo):



Há desgaste do eletrodo de alumínio.

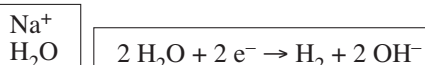
Polo positivo (catodo):



Há deposição de cobre metálico nesse eletrodo.

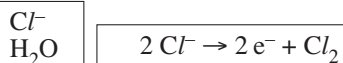
Cuba eletrolítica

Polo negativo (catodo)



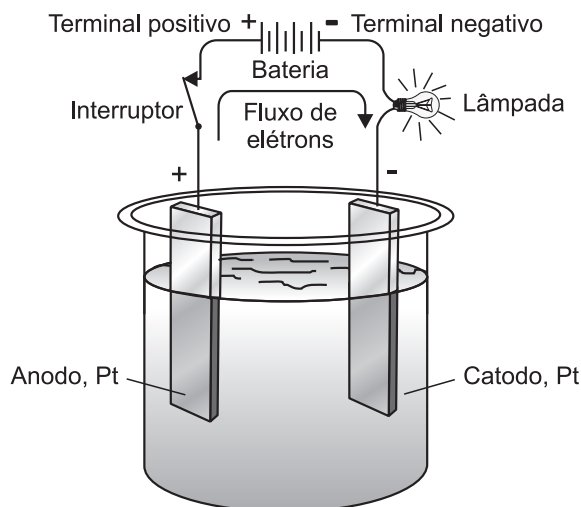
Há recolhimento de gás hidrogênio no tubo de ensaio cheio de solução aquosa de NaCl emborcado no catodo.

Polo positivo (anodo):



Há recolhimento de gás cloro no tubo de ensaio cheio de solução aquosa de NaCl emborcado no anodo.

25. (UFSCar-SP) – A figura apresenta a eletrólise de uma solução aquosa de cloreto de níquel(II), $NiCl_2$.



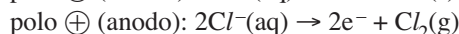
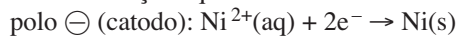
São dados as semirreações de redução e seus respectivos potenciais:



- Indique as substâncias formadas no anodo e no catodo. Justifique.
- Qual deve ser o mínimo potencial aplicado pela bateria para que ocorra a eletrólise? Justifique.

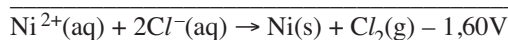
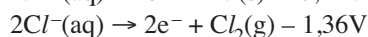
Resolução

- As semirreações que ocorrem na eletrólise são:



No catodo (onde ocorre a redução), temos a formação do metal níquel e no anodo (onde ocorre a oxidação), a formação do gás cloro.

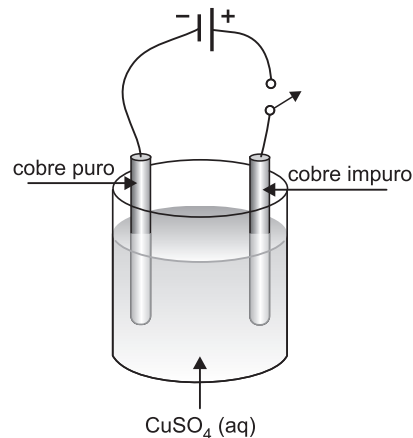
- $Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s) - 0,24V$



O mínimo potencial aplicado pela bateria para que ocorra a eletrólise é 1,60V.

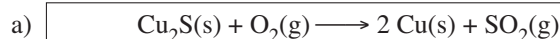
26. (FUVEST-SP) – As etapas finais de obtenção do cobre a partir da calcosita, Cu_2S , são, sequencialmente:

- ustulação (aquecimento ao ar).
- refinação eletrolítica (esquema abaixo).



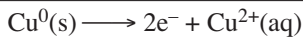
- Escreva a equação da ustulação da calcosita.
- Descreva o processo da refinação eletrolítica, mostrando o que ocorre em cada um dos polos ao se fechar o circuito.
- Indique, no esquema dado, o sentido do movimento dos elétrons no circuito e o sentido do movimento dos íons na solução, durante o processo de eletrólise.

Resolução

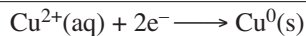


- O processo de refinação eletrolítica consiste na eletrólise de uma solução aquosa de sulfato de cobre II usando-se dois eletrodos: um no anodo composto de cobre impuro e outro no catodo de cobre puro.

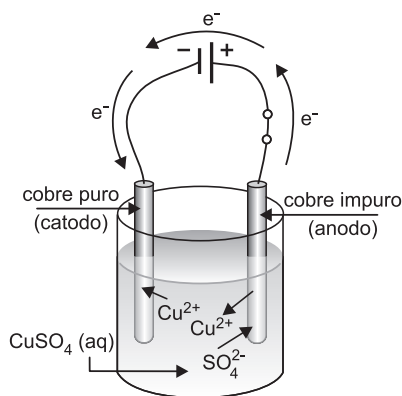
No anodo (polo positivo) ocorre a oxidação do cobre segundo a equação química:



No catodo (polo negativo) ocorre a redução do íon Cu^{2+} segundo a equação química:

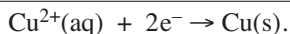


- c) O sentido do movimento dos elétrons é do anodo (cobre impuro) para o catodo (cobre puro), e o sentido do movimento dos íons é o seguinte: os cátions (Cu^{2+}) se dirigem ao catodo (cobre puro) e os ânions (SO_4^{2-}) para o anodo (cobre impuro).



Módulo 24 – Eletrólise Quantitativa

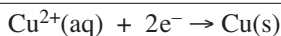
27. (UNICAMP-SP) – O cobre metálico, para ser utilizado como condutor elétrico, precisa ser muito puro, o que se consegue por via eletrolítica. Nesse processo os íons cobre-II são reduzidos no catodo a cobre metálico, ou seja,



Qual a massa de cobre que se obtém por mol de elétrons que atravessa a cuba eletrolítica?

Massa molar do cobre = 64 g/mol

Resolução



2 mol de e^- ————— 64 g de cobre
1 mol de e^- ————— m

$$m = 32 \text{ g}$$

Resposta: Massa de cobre obtida = 32 gramas

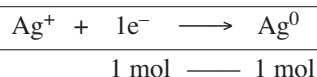
28. (ITA-SP – MODELO ENEM) – Para determinar o valor da constante de Faraday, empregou-se uma célula eletrolítica construída pela imersão de duas chapas de prata em uma solução aquosa de nitrato de prata. O conjunto é ligado a uma fonte de corrente contínua em série com um amperímetro. Durante certo intervalo de tempo “t” verificou-se que pelo circuito passou uma corrente elétrica constante, de valor “i”.

Neste período de tempo “t” foi depositada no catodo uma massa “m” de prata, cuja massa molar é representada por “M”. Admite-se que a única reação eletroquímica que ocorre no catodo é a redução dos cátions de prata à prata metálica. Denominando o número de Avogadro “ N_A ” e a área do catodo imersa na solução “S”, a constante de Faraday (F) calculada a partir desse experimento é igual a:

- a) $F = (i \ t \ M)/(m)$ b) $F = (i \ t \ N_A)$
c) $F = (i \ t \ m)/(M \ S)$ d) $F = (i \ t)/(S \ N_A)$
e) $F = (i \ m)/(M)$

Resolução

A constante de Faraday corresponde à carga de **1 mol de elétrons**. Para uma massa m de prata depositada, a carga que atravessou o circuito pode ser expressa pelo produto $i \cdot t$ ($Q = i \cdot t$). A reação que ocorre no catodo é:



Para uma carga de 1 mol de elétrons (constante de Faraday: F), a massa de prata depositada é igual à massa molar.

Podemos concluir que:

$$m \text{ ————— } i \cdot t$$

$$M \text{ ————— } F$$

$$F = \frac{i \cdot t \cdot M}{m}$$

Resposta: A

29. (UFABC-SP) – A superfície de uma peça metálica foi cromada por meio da eletrólise de 500 mL de uma solução aquosa, contendo íons Cr^{3+} em concentração de 0,1 mol/L.

- a) Escreva a equação da semirreação em que íons de cromo são transformados em cromo metálico.
b) Sendo 1 faraday a carga elétrica de 1 mol de elétrons, e considerando rendimento de 100%, que carga elétrica é necessária para eletrolisar todo o cromo presente na solução?

Resolução

- a) $\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{Cr}^0(\text{s})$
b) Cálculo da quantidade de íons Cr^{3+} :
0,1 mol de Cr^{3+} ————— 1000 mL
x mol de Cr^{3+} ————— 500 mL
x = 0,05 mol de Cr^{3+}
3 mol de e^- ————— 1 mol de Cr^{3+}
y mol de e^- ————— 0,05 mol de Cr^{3+}
y = 0,15 mol de e^-
1 mol de e^- ————— 1 faraday
0,15 mol de e^- ————— z faraday
z = 0,15 faraday

Nota: Um faraday equivale a aproximadamente 96 500C. Em coulomb, a carga elétrica seria
 $0,15 \times 96 \ 500\text{C} = 14 \ 475\text{C}$

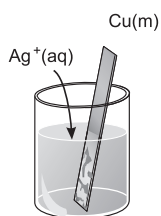
Módulo 19 – Reações de Deslocamento

1. Baseando-se na fila de reatividade dos metais, indique as reações espontâneas (E) e as não espontâneas (NE):

Fila: ALCALINOS, ALCALINOTERROSOS,
Al H, Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au.

- $Mg^0 + Cu^{2+} \rightarrow Cu^0 + Mg^{2+}$
- $Mg^0 + 2 Na^+ \rightarrow 2 Na^0 + Mg^{2+}$
- $2 Na^0 + Mg^{2+} \rightarrow 2 Na^+ + Mg^0$
- $2 Na^0 + 2 H^+ \rightarrow H_2 + 2 Na^+$
- $2 H^+ + Cu^0 \rightarrow Cu^{2+} + H_2$

2. (UFRJ) – Uma barra de cobre é mergulhada em uma solução que contém íons Ag^+ . Observa-se, então, o aparecimento de uma leve cor azul na solução e de um depósito escuro na barra de cobre.



- Escreva a equação da reação de oxirredução ocorrida.
- Determine a variação do número de oxidação de cada participante da reação.

3. Baseando-se na fila de reatividade dos ametais, indique as reações espontâneas (E) e as não espontâneas (NE):

Fila de reatividade dos ametais: $F_2, O_2, Cl_2, Br_2, I_2, S_8, P_4, \dots$

- $2 Cl^- + I_2 \rightarrow 2 I^- + Cl_2$
- $2 I^- + Cl_2 \rightarrow 2 Cl^- + I_2$
- $2 F^- + Cl_2 \rightarrow 2 Cl^- + F_2$
- $2 Cl^- + F_2 \rightarrow 2 F^- + Cl_2$

4. (PUC-SP) – Lâminas de zinco são mergulhadas, separadamente, em soluções de: $MgSO_4$; $AgNO_3$ e $CuSO_4$.

Sendo a ordem crescente de reatividade dos metais envolvidos: **Ag – Cu – Zn – Mg**, determine:

- As equações químicas das reações que poderão ocorrer.
- As variações dos números de oxidação, nessas reações.

5. (FUVEST-SP) – I e II são equações de reações que ocorrem em água, espontaneamente, no sentido indicado, em condições padrão.

- $Fe + Pb^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Pb$
- $Zn + Fe^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Fe$

Analisando tais reações, isoladamente ou em conjunto, pode-se afirmar que, em condições padrão,

- elétrons são transferidos do Pb^{2+} para o Fe.
- reação espontânea deve ocorrer entre Pb e Zn^{2+} .
- Zn^{2+} deve ser melhor oxidante do que Fe^{2+} .
- Zn deve reduzir espontaneamente Pb^{2+} a Pb.
- Zn^{2+} deve ser melhor oxidante do que Pb^{2+} .

6. (UnB-DF) – Por meio de um teste simples, constatou-se que uma amostra de um certo material estava contaminada com sal de mercúrio II (Hg^{2+}). O teste foi realizado da seguinte maneira: misturou-se uma pequena quantidade da amostra com água e introduziu-se na mistura um fio de cobre polido, que ficou revestido por uma camada muito fina de mercúrio metálico (Hg^0).

Julgue os itens:

- O teste não envolve reação com transferência de elétrons.
- A reação química que ocorreu pode ser representada pela equação: $Hg^{2+}(aq) + Cu^0(s) \rightarrow Hg^0(l) + Cu^{2+}(aq)$.
- O cátion Hg^{2+} sofreu redução e é, portanto, o agente oxidante.
- O mercúrio metálico é um líquido prateado, denso e venenoso.

7. (FUVEST-SP) – Em condições ambientes de pressão e temperatura (1 atm, 25°C), qual dos seguintes procedimentos é correto?

- Preparar uma solução de ácido sulfúrico, adicionando água ao ácido concentrado.
- Descartar sobras de sódio, jogando-as na pia.
- Aquecer um béquer contendo etanol, com bico de Bunsen.
- Empregar banho-maria (banho de água) para destilar tolueno (Ponto de Ebulição = 111°C, 1 atm).
- Utilizar banho de glicerina (Ponto de Ebulição = 290°C, 1 atm) para fundir ácido benzoico (Ponto de Fusão = 122°C).

8. (UNICAMP-SP) – Júlio Verne, famoso escritor de ficção científica do século passado, num de seus romances, narrou uma viagem realizada com um balão cheio de gás aquecido. Para manter o gás aquecido era utilizada uma chama obtida pela combustão de hidrogênio, H_2 . O hidrogênio era produzido pela reação de um metal com ácido.

Suponha que o escritor fosse você, e que estivesse escrevendo o romance agora. Você sabe que, devido ao pequeno espaço disponível no balão e ao poder de ascensão do mesmo, devem-se transportar o menor volume e a menor massa possíveis.

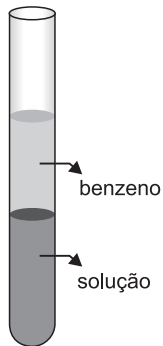
Considerando os três metais, magnésio, Mg, alumínio, Al, e zinco, Zn, e que a quantidade de hidrogênio para a viagem deve ser a mesma em qualquer dos casos, qual desses metais você escolheria para ser usado na viagem:

- pelo critério da massa de metal a ser transportada? Justifique.
- pelo critério do volume de metal a ser transportado? Justifique.

Dados: Massas molares em g/mol: Mg: 24; Al: 27; Zn: 65 e a tabela a seguir:

metal	densidade / (g/cm ³)
Mg	1,7
Al	2,7
Zn	7,1

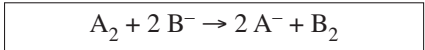
9. (PUC-SP) – Em um tubo de ensaio contendo água, dissolveram-se NaI, KOH, LiCl e NH₄NO₃ e cobriu-se a superfície da solução com uma camada de benzeno, conforme o esquema abaixo.



Adicionando-se algumas gotas de água de cloro (Cl₂(aq)) e agitando-se bem o tubo de ensaio, notamos que a fração correspondente ao benzeno se torna roxa. Assinale a alternativa que contém, respectivamente, a espécie química que reagiu com o cloro e a que coloriu o benzeno.

- a) I⁻ e HI
 b) I⁻ e I₂
 c) NO₃⁻ e NO₂
 d) Cl⁻ e ClO₂
 e) KOH e HI

10. (FUVEST-SP) – A equação abaixo representa, de forma genérica, a reação de oxidorredução entre um halogênio e um haleto:



Em nove tubos de ensaio, foram realizados testes de reatividade, misturando-se soluções aquosas de halogênios e de haletos, em proporção estequiométrica.

Posteriormente, foi colocado CHCl₃ nos tubos e observada a cor da fase orgânica. Os resultados são apresentados abaixo.

B ⁻ \ A ₂	Cl ₂	Br ₂	I ₂
Cl ⁻	incolor	castanho	violeta
Br ⁻	castanho	castanho	violeta
I ⁻	violeta	violeta	violeta

Informação:

cor dos halogênios em CHCl₃: Cl₂ = incolor
 Br₂ = castanho
 I₂ = violeta

Essa experiência evidencia que o poder oxidante dos três halogênios decresce na ordem:

- a) Cl₂ > Br₂ > I₂
 b) Cl₂ > I₂ > Br₂
 c) Br₂ > I₂ > Cl₂
 d) I₂ > Cl₂ > Br₂
 e) I₂ > Br₂ > Cl₂

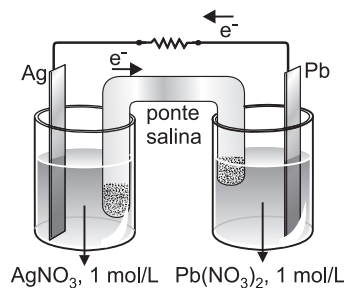
11. (FATEC-SP) – Certa substância, ao interagir com a água, forma uma solução alcalina e melhor condutora de eletricidade que a água pura.

Esta substância é:

- a) Hg⁰
 b) CO₂
 c) NO
 d) Na⁰
 e) CH₃CO₂H

Módulo 20 – Eletroquímica: Pilha Galvânica

1. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – Analise o esquema abaixo e identifique o que **não** está correto:

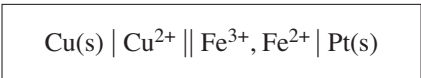


- a) A movimentação dos elétrons pela ponte salina.
 b) As barras metálicas mergulhadas nas soluções de seus próprios cátions.
 c) Os diferentes comprimentos dos dois ramos da ponte salina.
 d) Falta do contato entre a ponte salina e as barras metálicas.
 e) O sentido dos elétrons no fio.

2. (FCM-MG) – Na célula eletroquímica Zn/Zn²⁺//Ag⁺/Ag, pode-se afirmar que:

- a) O Zn é o catodo.
 b) O íon Ag⁺ sofre redução.
 c) Há consumo do eletrodo de prata.
 d) Ao se consumirem 2,0 mols de Ag⁺, serão produzidos 2,0 mols de Zn.
 e) A solução de Zn²⁺ permanece com a sua concentração inalterada, durante a reação.

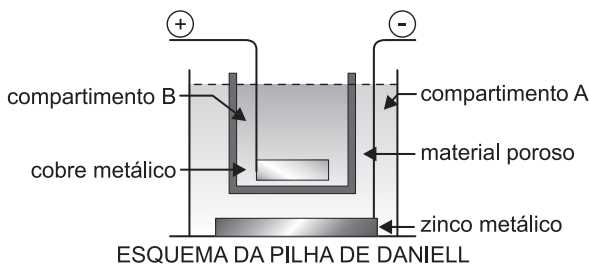
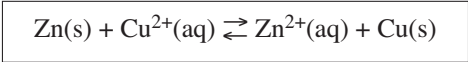
3. (CESGRANRIO) – Considere a pilha representada abaixo:



Assinale a afirmativa **falsa**:

- A reação de redução que ocorre na pilha é $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$.
- O eletrodo de cobre é o anodo.
- A semirreação que ocorre no catodo é $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$.
- A reação total da pilha é $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu}(\text{s}) \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$.
- Os elétrons migram do eletrodo de cobre para o eletrodo de platina.

4. (UNICAMP-SP) – Na pilha de Daniell (veja esquema) ocorre a reação:



Qual das substâncias da lista abaixo, dissolvida em água, você escolheria para colocar no compartimento B, a fim de que a pilha possa produzir eletricidade? Justifique.

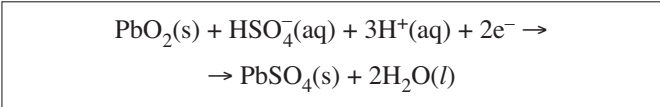
Lista: HCl , ZnCl_2 , CuSO_4 , H_2SO_4 , Na_2SO_4 , PbSO_4 , ZnSO_4 .

5. (UFSC) – As semirreações que ocorrem durante a descarga de uma bateria de automóvel são:

No polo negativo:



No polo positivo:



Assinale a alternativa **incorreta**:

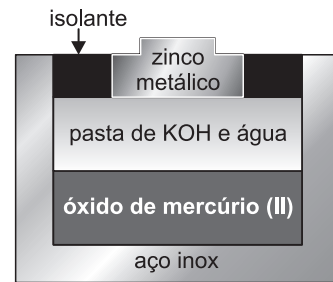
- A redução ocorre no catodo.
- O chumbo é oxidado no anodo.
- O chumbo é reduzido no polo negativo.
- O chumbo é ao mesmo tempo oxidado e reduzido.
- Numa bateria descarregada os dois eletrodos transformar-se-ão em $\text{PbSO}_4(\text{s})$.

6. (FUVEST-SP – MODELO ENEM) – Objetos de prata escurecidos (devido principalmente à formação de Ag_2S) podem ser limpos eletroquimicamente, sem perda da prata, mergulhando-os em um recipiente de alumínio contendo solução quente de bicarbonato de sódio. Neste processo, a prata em contato com o Ag_2S atua como catodo e o alumínio como

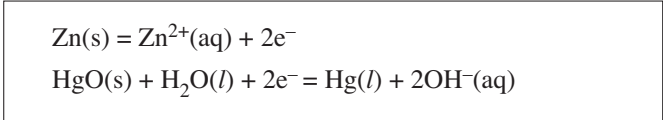
anodo de uma pilha. A semirreação que ocorre no catodo pode ser representada por:

- $\text{Ag}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Ag}^+ + \text{S}^{2-}$
- $\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag} + \text{S}^{2-}$
- $\text{Ag}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{S}^{2-} + 2\text{e}^-$
- $\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag} + \text{S}$
- $\text{Ag}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{S}$

7. (UNICAMP-SP) – A figura abaixo representa uma pilha de mercúrio usada em relógios e cronômetros.

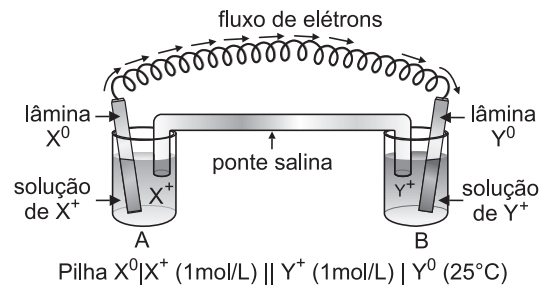


As reações que ocorrem nesta pilha são:



- De qual eletrodo partem os elétrons quando a pilha está fornecendo energia? Justifique.
- Cite duas substâncias cujas quantidades diminuem com o funcionamento da pilha. Justifique.

8. (UFBA) – Com base no processo eletroquímico representado na figura abaixo, pode-se afirmar:



- A massa da lâmina X^0 diminui com o tempo.
- Nesse processo, há absorção de energia.
- O anodo da pilha é X^0/X^+ .
- A reação global da pilha é $\text{X}^0(\text{s}) + \text{Y}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{X}^+(\text{aq}) + \text{Y}^0(\text{s})$
- X^0 é o oxidante.
- Durante o processo eletroquímico, a concentração das soluções, em A e em B, permanece inalterada.
- A função da ponte salina é permitir a migração de íons de uma solução para outra.

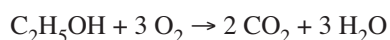
9. (UEM-PR) – Em uma bateria de carro, do tipo chumbo ácido, o ácido sulfúrico diluído na água está dissociado em íons hidrogênio (H^+) e íons sulfato (SO_4^{2-}). Nessa bateria,
- os íons são eletrólitos fracos, impedindo a água de conduzir corrente elétrica.
 - os íons sulfato associam-se aos de hidrogênio, gerando ácido sulfídrico.
 - os íons reagem com os eletrodos e provocam o aparecimento de um excesso de elétrons em um deles e a falta em outro.
 - os íons não reagem com os eletrodos, mas com a água, fazendo aparecer uma corrente de nêutrons.
 - os íons dissociam-se e recompõem-se na solução, reagindo com os eletrodos, fazendo aparecer uma corrente elétrica alternada.

10. (UFF-RJ) – Nas regiões úmidas do litoral brasileiro, a corrosão é muito mais intensa do que em atmosfera de baixa umidade, como a do sertão nordestino. A corrosão é sempre uma deterioração dos metais, provocada por processos eletroquímicos (processos redox), causando sérios prejuízos financeiros. O ferro enferruja porque se estabelece uma pilha entre um ponto e outro do objeto de ferro.

Havendo oxidação, necessariamente, ocorre também uma reação de redução que deve ser:

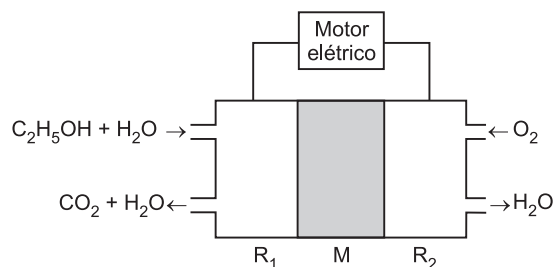
- $H_2O + e^- \rightarrow 2OH^-$
- $Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe^0$
- $2H_2O + 4e^- \rightarrow 4H^+ + O_2$
- $4H^+ + 4e^- + O_2 \rightarrow 2H_2O$
- $Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$

11. (UFSCar-SP) – O Brasil é pioneiro na produção em escala comercial de veículos movidos por motor de combustão interna utilizando combustível renovável. Nesses veículos, a energia é fornecida pela reação de combustão do etanol, segundo a reação representada pela equação balanceada



que se processa com rendimento energético global de 30%. Em princípio, a mesma reação pode ser realizada numa célula de combustível, com a formação dos mesmos produtos. Na célula de combustível, a energia química armazenada no combustível é transformada diretamente em energia elétrica, com um rendimento energético de 50%.

O esquema de uma célula de combustível baseada em membrana polimérica condutora de prótons é fornecido a seguir.



onde

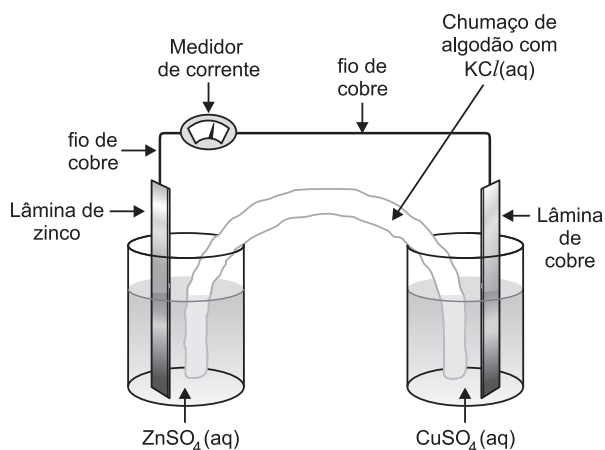
M: membrana de eletrólito polimérico, permeável a íons H^+ ;

R_1 e R_2 : recipientes contendo catalisadores adequados, onde se processam as semirreações.

- Escreva as semirreações balanceadas que ocorrem no anodo e no catodo da célula de combustível.
- Calcule a quantidade de CO_2 , expressa em mols, que será formada para a produção de uma mesma quantidade de energia a partir do etanol, utilizando um motor de combustão interna e uma célula de combustível.

Sugestão: tome como base de cálculo a quantidade teórica de energia fornecida por um mol de etanol reagindo com O_2 .

12. (UFMG – MODELO ENEM) – Na figura, está representada a montagem de uma pilha eletroquímica, que contém duas lâminas metálicas – uma de zinco e uma de cobre – mergulhadas em soluções de seus respectivos sulfatos. A montagem inclui um longo chumaço de algodão, embebido numa solução saturada de cloreto de potássio, mergulhado nos dois béqueres. As lâminas estão unidas por fios de cobre que se conectam a um medidor de corrente elétrica.



Quando a pilha está em funcionamento, o medidor indica a passagem de uma corrente e pode-se observar que

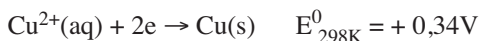
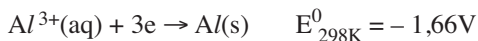
- a lâmina de zinco metálico sofre desgaste;
- a cor da solução de sulfato de cobre (II) se torna mais clara;
- um depósito de cobre metálico se forma sobre a lâmina de cobre.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que, quando a pilha está em funcionamento,

- nos fios, elétrons se movem da direita para a esquerda; e, no algodão, cátions K^+ se movem da direita para a esquerda e ânions Cl^- , da esquerda para a direita.
- nos fios, elétrons se movem da direita para a esquerda; e, no algodão, elétrons se movem da esquerda para a direita.
- nos fios, elétrons se movem da esquerda para a direita; e, no algodão, cátions K^+ se movem da esquerda para a direita e ânions Cl^- , da direita para a esquerda.
- nos fios, elétrons se movem da esquerda para a direita; e, no algodão, elétrons se movem da direita para a esquerda.

Módulo 21 – Potencial de Redução e Cálculo de ΔE

1. (UFMS) – Considere a pilha, $Al(s) / Al^{3+}(aq) // Cu^{2+}(aq) / Cu(s)$, em regime de descarga, com ponte salina de $KCl(aq)$ conectando internamente as soluções aquosas $1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$, dos respectivos cloretos de Al^{3+} e de Cu^{2+} , e com os eletrodos de $Al(s)$ e $Cu(s)$, imersos nas próprias soluções conectados externamente por fio condutor, intercalado por um voltímetro. Sabendo-se que os potenciais de redução dos cátions desses metais são, a $25^\circ C$,



é correto afirmar que

- (001) a reação global da pilha será $2Al(s) + 3Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3Cu(s)$, com $\Delta E_{298K}^0 = 1,32V$, no início da descarga, ou seja, na condição-padrão.
- (002) não haverá diferença de potencial entre os eletrodos quando o equilíbrio for atingido.
- (004) o eletrodo positivo de cobre é o anodo.
- (008) há transferência de elétrons do anodo para o catodo no circuito fechado externo.
- (016) os íons alumínio são reduzidos a alumínio metálico.

2. (UFG-GO)

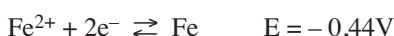


BROWNE, Dick. Hagar, o Horrível. *O Popular*, p. 6 Magazine.

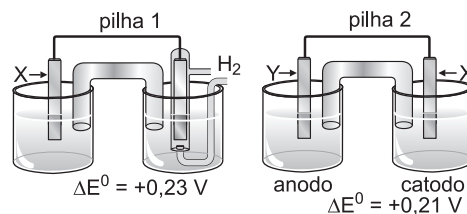
Observando a tira acima, responda:

- a) Após inúmeras chuvas, os cavaleiros ingleses terão dificuldade para abrir seus elmos de ferro. Utilizando equações químicas, explique por quê.
- b) Suponha a seguinte situação: o elmo de um dos cavaleiros, o suserano, é adornado com rebites de ouro, enquanto o do outro, seu vassalo, com rebites de zinco. Curiosamente, após inúmeras chuvas, um dos elmos emperra mais que o outro. Explique o porquê.

Potencial Padrão de Eletrodo



3. (UFRJ) – Duas pilhas são apresentadas esquematicamente a seguir; os metais X e Y são desconhecidos.

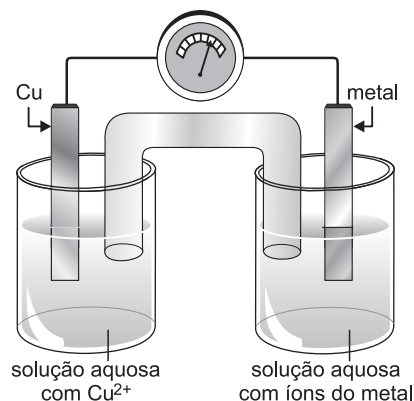


A tabela a seguir apresenta alguns potenciais-padrão de redução:

Potenciais-Padrão de Redução	Volt
$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn^0$	-0,76
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe^0$	-0,44
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni^0$	-0,23
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb^0$	-0,13
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$	+0,34
$Ag^+ + 1e^- \rightarrow Ag^0$	+0,80

- a) Utilizando as informações da tabela, identifique o metal Y da pilha 2. Justifique a sua resposta.
- b) De acordo com os potenciais de redução apresentados, verifica-se que a reação $Zn + CuCl_2 \rightarrow ZnCl_2 + Cu$ é espontânea. Indique o agente oxidante dessa reação. Justifique sua resposta.

4. (FUVEST-SP – MODELO ENEM)



Na montagem, dependendo do metal (junto com seus íons), têm-se as seguintes pilhas, cujo catodo (onde ocorre a redução) é o cobre:

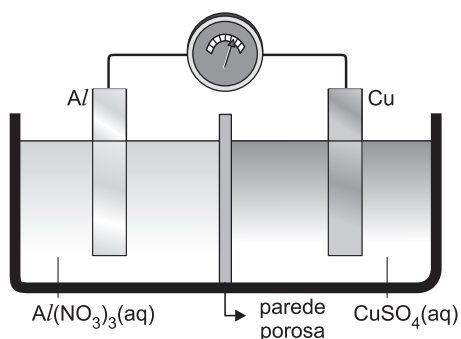
pilha	AE* (volt)
cobre-alumínio	2,00
cobre-chumbo	0,47
cobre-magnésio	2,71
cobre-níquel	0,59

* diferença de potencial elétrico nas condições-padrão.

Nas condições-padrão e montagem análoga, a associação que representa uma pilha em que os eletrodos estão indicados corretamente é

	catodo	anodo
a)	níquel	chumbo
b)	magnésio	chumbo
c)	magnésio	alumínio
d)	alumínio	níquel
e)	chumbo	alumínio

5. (UNIP-SP) – Considere a aparelhagem:



Com relação à pilha esquematizada pode-se afirmar que:

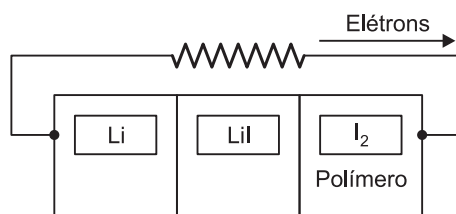
- No anodo ocorre a semirreação: $Al^{3+} + 3 e^{-} \rightarrow Al^0$
- O polo negativo é o eletrodo de cobre.
- O eletrodo de cobre sofre desgaste.
- No catodo ocorre a semirreação: $Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu^0$
- A equação da reação que ocorre na pilha é:
 $2 Al^{3+} + 3 Cu^0 \rightarrow 2 Al^0 + 3 Cu^{2+}$

6. (FUVEST-SP) – Uma liga metálica, ao ser mergulhada em ácido clorídrico, pode permanecer inalterada, sofrer dissolução parcial ou dissolução total.

Qual das situações acima será observada com a liga de cobre e zinco (latão)? Justifique utilizando as informações da tabela a seguir.

Semirreação	E^0 (volt)
$Cl_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Cl^{-}$	+ 1,36
$Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$	+ 0,34
$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2$	0,00
$Zn^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Zn$	- 0,76

7. (UNIFESP– MODELO ENEM) – A bateria primária de lítio-iodo surgiu em 1967, nos Estados Unidos, revolucionando a história do marca-passos cardíaco. Ela pesa menos que 20g e apresenta longa duração, cerca de cinco a oito anos, evitando que o paciente tenha que se submeter a frequentes cirurgias para trocar o marca-passos. O esquema dessa bateria é representado na figura.



Para esta pilha, são dadas as semirreações de redução:



São feitas as seguintes afirmações sobre esta pilha:

- No anodo ocorre a redução do íon Li^{+} .
- A ddp da pilha é + 2,51 V.
- O catodo é o polímero/iodo.
- O agente oxidante é o I_2 .

São corretas as afirmações contidas apenas em

- I, II e III.
- I, II e IV.
- I e III.
- II e III.
- III e IV.

8. (FUVEST-SP– MODELO ENEM)

Potenciais-padrão de redução (volt)			
Zn^{2+}	+	$2e^{-} \rightarrow Zn$	- 0,76
Fe^{2+}	+	$2e^{-} \rightarrow Fe$	- 0,44
Sn^{2+}	+	$2e^{-} \rightarrow Sn$	- 0,14
Cu^{2+}	+	$2e^{-} \rightarrow Cu$	+ 0,34

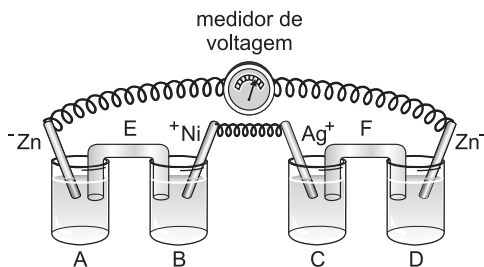
Quer-se guardar, a 25°C, uma solução aquosa 1 mol/L de $SnCl_2$. Dispõe-se de recipientes de

- ferro;
- ferro galvanizado (ferro revestido de Zn);
- lata comum (ferro revestido de Sn);
- cobre.

Examinando-se a tabela dos potenciais-padrão de redução apresentada acima, conclui-se que essa solução de $SnCl_2$ pode ser guardada sem reagir com o material do recipiente, apenas em

- IV.
- I e II.
- III e IV.
- I, II e III.
- I, II e IV.

9. (UFMG)



São dados os potenciais-padrão de oxidação:

Semirreação	E^0 (volt)
$Zn(s) \rightarrow 2e^- + Zn^{2+}(aq)$	+ 0,76
$Ni(s) \rightarrow 2e^- + Ni^{2+}(aq)$	+ 0,25
$Ag(s) \rightarrow e^- + Ag^+(aq)$	- 0,80

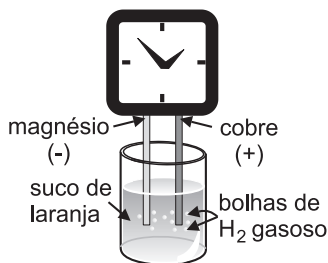
As voltagens nas células (A – B) e (C – D), quando elas estão operando isoladamente, são, respectivamente,

- a) 0,51 e 1,56 volt.
- b) 0,51 e 0,04 volt.
- c) 1,01 e 1,56 volt.
- d) 1,01 e 0,04 volt.

10. (UFMG) – No exercício anterior, a voltagem, quando as células estiverem operando conforme o indicado na figura, será

- a) 0,55 volt.
- b) 1,05 volt.
- c) 2,07 volts.
- d) 2,57 volts.

11. (FUVEST-SP) – Um relógio de parede funciona normalmente, por algum tempo, se substituirmos a pilha original por dois terminais metálicos mergulhados em uma solução aquosa ácida (suco de laranja), conforme esquematizado abaixo.



Durante o funcionamento do relógio,

- I. o pH do suco de laranja aumenta.
- II. a massa do magnésio diminui.
- III. a massa do cobre permanece constante.

Dessas afirmações,

- a) apenas a I é correta.
- b) apenas a II é correta.
- c) apenas a III é correta.
- d) apenas a II e a III são corretas.
- e) a I, a II e a III são corretas.

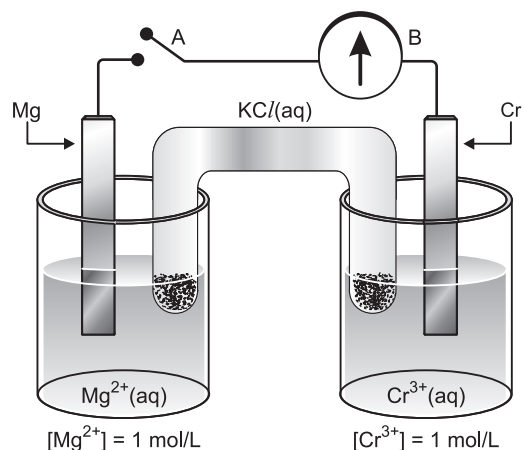
12. (UNESP-SP) – Objetos de prata escurecem, principalmente pela formação de uma camada de sulfeto de prata (Ag_2S) em sua superfície. Uma forma de se limpar um objeto de prata escurecido consiste em envolvê-lo em folha de papel alumínio e mergulhá-lo em solução aquosa de carbonato de sódio.

- a) Explique o princípio desse método de limpeza.
- b) Ocorre diminuição da massa de prata do objeto nesse processo de limpeza? Justifique.

13. (UNICAMP-SP) – Como o vigia estava sob forte suspeita, nossos heróis resolveram fazer um teste para verificar se ele se encontrava alcoolizado. Para isso usaram um bafômetro e encontraram resultado negativo. Os bafômetros são instrumentos que indicam a quantidade de etanol presente no sangue de um indivíduo, pela análise do ar expelido pelos pulmões. Acima de 35 microgramas ($7,6 \times 10^{-7}$ mol) de etanol por 100 mL de ar dos pulmões, o indivíduo é considerado embriagado. Os modelos mais recentes de bafômetro fazem uso da reação de oxidação do etanol sobre um eletrodo de platina. A semirreação de oxidação corresponde à reação do etanol com água, dando ácido acético e liberando prótons. A outra semirreação é a redução do oxigênio, produzindo água.

- a) Escreva as equações químicas que representam essas duas semirreações.
- b) Admitindo 35 microgramas de etanol, qual a corrente i (em ampères) medida no instrumento, se considerarmos que o tempo de medida (de reação) foi de 29 segundos?
Carga do elétron = $1,6 \times 10^{-19}$ coulombs;
Constante de Avogadro = 6×10^{23} mol $^{-1}$;
 $Q = i \times t$ (tempo em segundos e Q = carga em coulombs).

14. (UERJ) – Considere a célula eletroquímica a seguir apresentada:



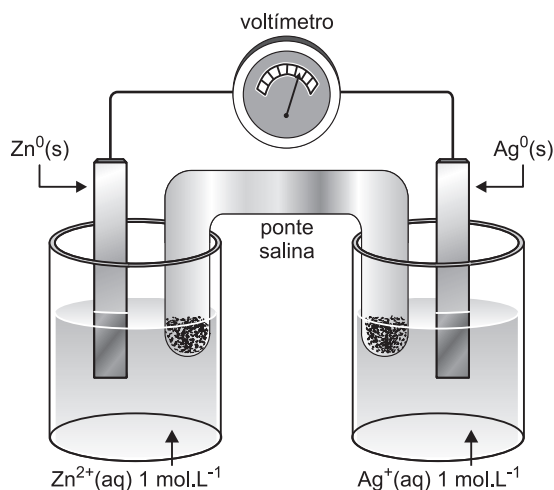
Dados: potenciais de redução	
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	$E^0 = -2,34$
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	$E^0 = -0,71V$

Após fechar o circuito pela **chave A**, calcule:

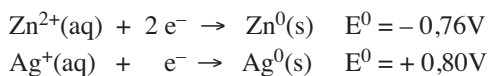
- A diferença de potencial (ddp) do sistema, acusada no voltímetro (B).
- A massa do magnésio que se dissolve durante 9650 segundos, sabendo que, neste intervalo de tempo, a intensidade da corrente se manteve constante e igual a 0,1 ampère.

Dados: carga elétrica de 1 mol de elétrons = 96 500 coulombs
massa molar do Mg = 24g/mol

15. (UERJ) – As células eletroquímicas são dispositivos em que reações de oxidorredução ocorrem, transformando energia química em energia elétrica, como, por exemplo, nas pilhas secas, baterias de chumbo, baterias de níquel-cádmio e outras. Em um laboratório, construiu-se uma célula eletroquímica conforme o esquema a seguir:

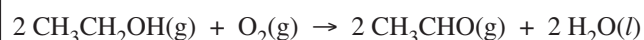


Após 4825 segundos, a pilha descarregou-se completamente, observando-se uma perda de massa de 1,635g em um dos eletrodos. Considere os potenciais-padrão:



- Identifique o eletrodo positivo e determine a intensidade de corrente elétrica, em ampère, que percorreu o circuito.
- Escreva a equação balanceada da reação que ocorreu e calcule o número de mols de elétrons transferidos durante o funcionamento da pilha.
Dados: Massa molar do zinco = 65,4 g/mol
Carga elétrica de 1 mol de elétrons = 96 500 coulombs

16. (FUVEST-SP) – Um tipo de bafômetro usado pela polícia rodoviária para medir o grau de embriaguez dos motoristas consiste em uma pilha eletroquímica que gera corrente na presença de álcool (no ar expirado), devido à reação:



O “suspeito” sopra através de um tubo para dentro do aparelho onde ocorrerá, se o indivíduo estiver alcoolizado, a oxidação do etanol a etanal e a redução do oxigênio à água, em meio ácido e em presença de catalisador (platina).

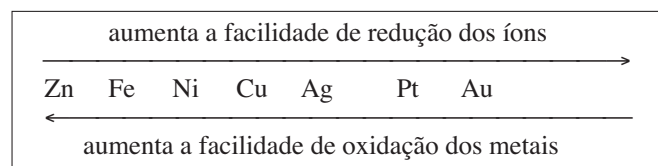
a) Sabendo-se que a semirreação que ocorre em um dos eletrodos é:



escreva a semirreação que ocorre no outro eletrodo.

- Sendo E_1^0 e E_2^0 , respectivamente, os potenciais-padrão de redução, em meio ácido, dos eletrodos (CH_3CHO , CH_3CH_2OH) e (O_2 , H_2O), para que a reação da pilha ocorra é necessário que E_1^0 seja maior ou menor do que E_2^0 ? Explique.

17. (UFMG– MODELO ENEM) – Os metais possuem diferentes tendências para sofrer corrosão, um processo natural de oxidação. A corrosão pode ser relacionada com a facilidade de se obterem os metais a partir de seus minérios. Essas informações estão representadas no diagrama, para alguns metais.



Com relação ao exposto, assinale a afirmativa **falsa**.

- A maior facilidade de um metal **sofrer corrosão** corresponde a uma maior dificuldade para obtê-lo a partir de seu minério.
- A prata, a platina e o ouro são considerados metais nobres pela sua dificuldade de oxidar-se.
- Os metais com maior facilidade de oxidação são encontrados na natureza na forma de substâncias simples.
- O zinco metálico é o mais reativo entre os metais listados.

18. (UFSCar-SP– MODELO ENEM) – Filtros de piscinas, construídos em ferro, são muito afetados pela corrosão. No processo de corrosão ocorre a dissolução lenta do metal, com a formação de íons Fe^{2+} em solução aquosa.

Para a proteção dos filtros são utilizados os chamados “eletrodos de sacrifício”. Estes eletrodos são barras de metais convenientemente escolhidas que, colocadas em contato com o filtro, sofrem corrosão no lugar do ferro.

Com base nos dados tabelados a seguir

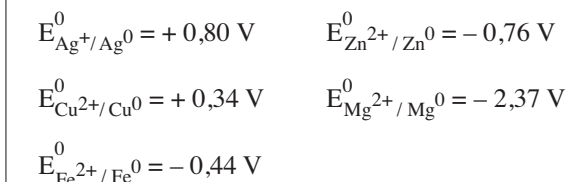
Semirreação	E^0 (volt)
$Mg^{2+} + 2e^- = Mg^0$	- 2,37
$Fe^{2+} + 2e^- = Fe^0$	- 0,44
$Ni^{2+} + 2e^- = Ni^0$	- 0,26
$Cu^{2+} + 2e^- = Cu^0$	+ 0,34

pode-se prever que são “eletrodos de sacrifício” adequados barras de

- magnésio, apenas.
- cobre, apenas.
- níquel, apenas.
- cobre e níquel, apenas.
- cobre, níquel e magnésio.

19. (FUVEST-SP) – Mergulhando-se um prego de ferro, limpo, em água, observa-se, com o passar do tempo, um processo de corrosão superficial.

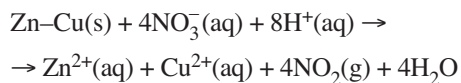
- Formule alguma das equações químicas representativas das transformações ocorridas na superfície do prego.
- Com base nos valores dos potenciais de redução relacionados a seguir, deduza quais, dentre os metais citados, os que, mantidos em contato com o prego (sem recobri-lo totalmente), seriam capazes de preservá-lo contra a corrosão.



20. (UFU-MG) – Uma liga Zn–Cu dissolve-se parcialmente em solução aquosa de HCl, de acordo com:



No entanto, se a liga Zn–Cu for colocada em uma solução concentrada de HNO_3 , ela será dissolvida completamente, envolvendo a seguinte reação:



Explique por que a liga é dissolvida pelo HNO_3 , mas não pelo HCl.

Dados:

Semirreação	E^0 (volt)
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn(s)}$	- 0,76
$\text{H}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons 1/2\text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu(s)}$	+ 0,34
$\text{NO}_3^-(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$	+ 0,80

21. (FUVEST-SP) – Ferro zincado é ferro que contém pequena quantidade de zinco metálico.

A partir dos potenciais-padrão de redução, listados abaixo, explique os seguintes fatos observados no cotidiano:

- Rebites de ferro em esquadrias de alumínio causam a corrosão do alumínio.
- Pregos de ferro zincado são resistentes à ferrugem.

	E^0 (volt)
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Fe}$	- 0,440
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- = \text{Zn}$	- 0,763
$\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- = \text{Al}$	- 1,663

22. (FUVEST-SP)

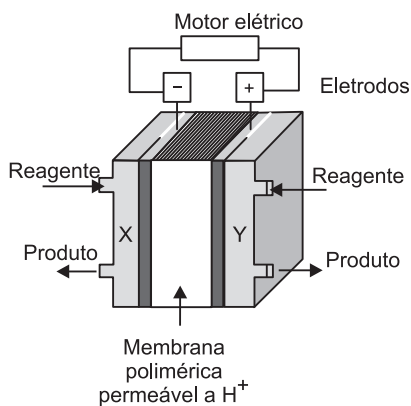
Semirreação	E^0/V
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	- 0,41
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+ 0,34
$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$	+ 0,40

A estátua da Liberdade está no porto de Nova Iorque e, portanto, em ambiente marinho. Ela consiste em uma estrutura de ferro sobre a qual estão rebitadas placas de cobre que dão forma à figura.

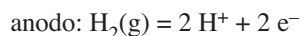
- Qual o efeito do ambiente marinho sobre as placas de cobre? Explique utilizando equações químicas.
- Por que não foi uma boa ideia ter cobre em contato com ferro? Justifique.

23. (UNICAMP-SP) – Há quem afirme que as grandes questões da humanidade simplesmente restringem-se às necessidades e à disponibilidade de energia. Temos de concordar que o aumento da demanda de energia é uma das principais preocupações atuais. O uso de motores de combustão possibilitou grandes mudanças, porém seus dias estão contados. Os problemas ambientais pelos quais estes motores podem ser responsabilizados, além de seu baixo rendimento, têm levado à busca de outras tecnologias.

Uma alternativa promissora para os motores de combustão são as células de combustível que permitem, entre outras coisas, rendimentos de até 50% e operação em silêncio. Uma das mais promissoras células de combustível é a de hidrogênio, mostrada no esquema a seguir:

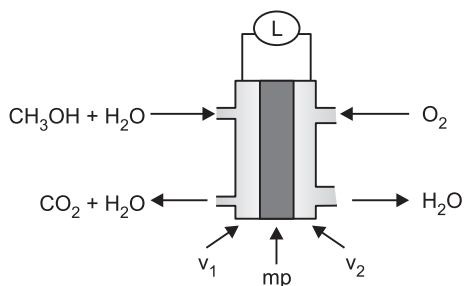


Nessa cela, um dos compartimentos é alimentado por hidrogênio gasoso e o outro, por oxigênio gasoso. As semirreações que ocorrem nos eletrodos são dadas pelas equações:



- Por que se pode afirmar, do ponto de vista químico, que esta cela de combustível é “não poluente”?
- Qual dos gases deve alimentar o compartimento X? Justifique.
- Que proporção de massa entre os gases você usaria para alimentar a cela de combustível? Justifique. Massas molares em g/mol: H: 1; O: 16

24. (UNIFESP) – Numa célula de combustível, ao invés da combustão química usual, a reação ocorre eletroquimicamente, o que permite a conversão, com maior eficiência, da energia química, armazenada no combustível, diretamente para energia elétrica. Uma célula de combustível promissora é a que emprega metanol e oxigênio do ar como reagentes, cujo diagrama esquemático é fornecido a seguir.



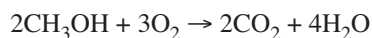
onde:

m_p = membrana de eletrólito polimérico, permeável a íons.

v_1 e v_2 = recipientes de grafite, contendo catalisador.

L = lâmpada ligada em circuito externo.

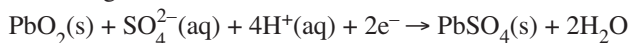
A reação global que ocorre no sistema é



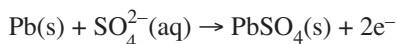
- Sabendo que, além dos reagentes e produtos da reação global, estão envolvidos íons H^+ no processo, escreva as semirreações que ocorrem em v_1 e v_2 .

- Identifique a natureza e o sentido do deslocamento dos condutores de cargas elétricas no interior da célula de combustível, e no circuito elétrico externo que alimenta L.

25. (UnB-DF) – As baterias de chumbo utilizadas nos automóveis são compostas por células galvânicas ligadas em série. Nesse tipo de célula, o PbO_2 é reduzido no eletrodo positivo, enquanto no eletrodo negativo o Pb é oxidado. As semirreações para os eletrodos, juntamente com os potenciais padrão, a 25°C , são os seguintes:



$$E^\circ = 1,69\text{V}$$



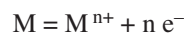
$$E^\circ = 0,36\text{V}$$

Sabendo que a potência elétrica P é dada por $P = V \times I$, em que V é a diferença de potencial e I é a corrente elétrica, calcule, em watts, a potência elétrica consumida por um aparelho que solicita uma corrente elétrica de 2,00A quando está conectado a um conjunto de 24 dessas células galvânicas ligadas em série. Despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

26. (UNESP-SP) – Pilhas recarregáveis, também denominadas células secundárias, substituem, com vantagens para o meio ambiente, as pilhas comuns descartáveis. Um exemplo comercial são as pilhas de níquel-cádmio (Nícad), nas quais, para a produção de energia elétrica, ocorrem os seguintes processos:

- O cádmio metálico, imerso em uma pasta básica contendo íons OH^- (aq), reage produzindo hidróxido de cádmio (II), um composto insolúvel.
 - O hidróxido de níquel (III) reage produzindo hidróxido de níquel (II), ambos insolúveis e imersos numa pasta básica contendo íons OH^- (aq).
- Escreva a semirreação que ocorre no anodo de uma pilha de Nícad.
 - Uma TV portátil funciona adequadamente quando as pilhas instaladas fornecem uma diferença de potencial entre 12,0 e 14,0 V. Sabendo-se que $E_0(\text{Cd}^{2+}, \text{Cd}) = -0,81\text{V}$ e $E_0(\text{Ni}^{3+}, \text{Ni}^{2+}) = +0,49\text{V}$, nas condições de operação descritas, calcule a diferença de potencial em uma pilha de níquel-cádmio e a quantidade de pilhas, associadas em série, necessárias para que a TV funcione adequadamente.

27. (UNICAMP-SP) – Câmeras fotográficas, celulares e computadores, todos veículos de comunicação, têm algo em comum: pilhas (baterias). Uma boa pilha deve ser econômica, estável, segura e leve. A pilha perfeita ainda não existe. Simplificadamente, pode-se considerar que uma pilha seja constituída por dois eletrodos, sendo um deles o anodo, formado por um metal facilmente oxidável, como ilustrado pela equação envolvendo o par íon / metal:



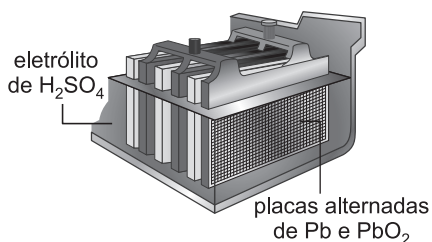
A capacidade eletroquímica de um eletrodo é definida como a quantidade teórica de carga elétrica produzida por grama de

material consumido. A tabela a seguir mostra o potencial padrão de redução de cinco metais que poderiam ser utilizados, como anodos, em pilhas:

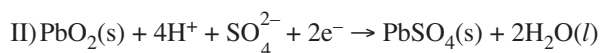
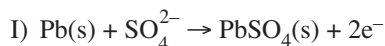
Par íon / metal	Potencial padrão de redução / volts	Massa molar / g . mol ⁻¹
Ag ⁺ / Ag	+ 0,80	108
Ni ²⁺ / Ni	- 0,23	59
Cd ²⁺ / Cd	- 0,40	112
Cr ³⁺ / Cr	- 0,73	52
Zn ²⁺ / Zn	- 0,76	65

- a) Considere para todas as possíveis pilhas que: o catodo seja sempre o mesmo, a carga total seja fixada num mesmo valor e que a prioridade seja dada para o peso da pilha. Qual seria o metal escolhido como anodo? Justifique.
- b) Considerando-se um mesmo catodo, qual seria o metal escolhido como anodo, se o potencial da pilha deve ser o mais elevado possível? Justifique.

28. (UFRJ) – Nas baterias de chumbo, usadas nos automóveis, os eletrodos são placas de chumbo e de óxido de chumbo (PbO₂) imersas em solução de ácido sulfúrico concentrado, com densidade da ordem de 1,280 g/cm³.



As reações que ocorrem durante a descarga da bateria são as seguintes:



- a) Qual das duas reações ocorre no polo negativo (anodo) da bateria? Justifique sua resposta.
- b) Explique o que acontece com a densidade da solução da bateria durante sua descarga.

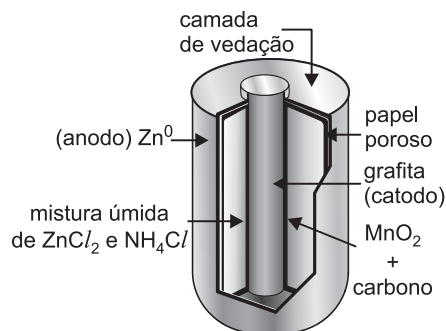
29. (UFBA) – A célula de combustível de hidrogênio-oxigênio constitui um meio de gerar e estocar energia elétrica de forma contínua, com eficiência próxima a 100%, enquanto o abastecimento de combustível for mantido. O anodo e o catodo dessa célula são confeccionados à base de níquel poroso, e o eletrólito é o hidróxido de potássio, KOH, em solução aquosa concentrada.

O funcionamento dessa célula pode ser compreendido, a partir da análise dos dados apresentados na tabela.

Semiequação	E _{red} ⁰ (V)
2H ₂ O(l) + 2e ⁻ ⇌ H ₂ (g) + 2OH ⁻ (aq)	- 0,83
O ₂ (g) + 2H ₂ O(l) + 4e ⁻ ⇌ 4OH ⁻ (aq)	+ 0,40

Considerando essas informações, determine a diferença de potencial produzida pela bateria ideal formada a partir da associação em série de 10 pilhas de combustível de hidrogênio-oxigênio e explique o que ocorre com a concentração de íons OH⁻(aq) durante o funcionamento da célula de combustível.

30. (UECE) – O desenho a seguir representa uma pilha seca (pilha comum, usada em rádio).

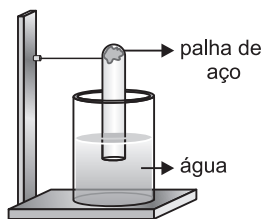


Está correta a alternativa:

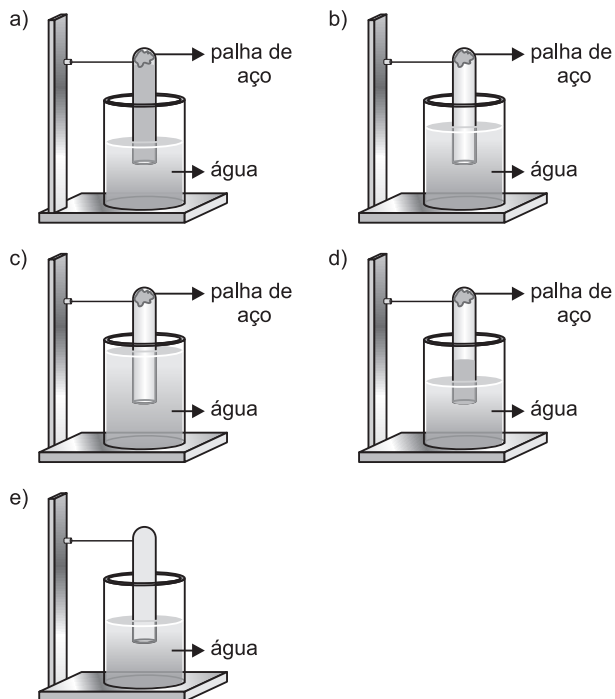
- a) A semirreação no anodo é: Zn(aq) → Zn²⁺(s) + 2e⁻
- b) MnO(OH)(s) + NH₃(aq) → MnO₂(s) + NH₄⁺(aq) + e⁻, é a semirreação no catodo.
- c) A reação total que ocorre na pilha é:

$$\text{Zn(s) + MnO}_2(\text{s}) + \text{C(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{MnO(OH)(s)} + \text{CO}_2(\text{g})$$
- d) MnO₂ atua na pilha como agente oxidante.

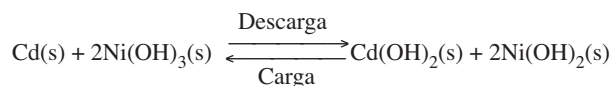
31. (FUVEST-SP) – Um pedaço de palha de aço foi suavemente comprimido no fundo de um tubo de ensaio, e este foi cuidadosamente emborcado em um béquer contendo água à temperatura ambiente, conforme ilustrado a seguir:



Decorridos alguns dias à temperatura ambiente, qual das figuras a seguir representa o que será observado?



32. (UFC-CE) – Uma das vantagens do uso das baterias de níquel-cádmio reside no fato de que as mesmas podem ser recarregadas e conseqüentemente reutilizadas. A reação do processo de descarga total é dada por:



Marque as alternativas corretas:

01. No processo de descarga, as espécies Cd(s) e $\text{Ni(OH)}_3\text{(s)}$ são reduzidas.
02. A reação anódica do processo de descarga é representada por $\text{Cd(s)} + 2\text{OH}^-\text{(aq)} \rightarrow \text{Cd(OH)}_2\text{(s)} + 2\text{e}^-$
04. O cádmio, Cd(s) , é o agente redutor no processo de descarga.
08. No processo de carga, o agente redutor é o $\text{Ni(OH)}_2\text{(s)}$.
16. O cádmio, Cd(s) , é oxidado em ambos os processos de carga e descarga.

33. (UNICAMP-SP) – Quando o acumulador dos automóveis (bateria de chumbo) fornece uma corrente elétrica, ocorre uma reação química representada por:



- a) Quais as variações do número de oxidação do chumbo nessa reação?

b) O anúncio de uma bateria de automóvel dizia que a mesma poderia fornecer 50 A h. Neste caso, quantos gramas de chumbo metálico seriam consumidos?

Dados:

- Constante de Faraday, $F = 96500 \text{ C/mol}$. Lembre-se de que a constante de Faraday é igual à constante de Avogadro multiplicada pela carga do elétron.
- Massa molar do chumbo = 207 g/mol
- $1 \text{ A h} = 3600 \text{ C}$

34. (FUVEST-SP) – Considere três metais A, B e C, dos quais apenas A reage com ácido clorídrico diluído, liberando hidrogênio. Varetas de A, B e C foram espetadas em uma laranja, cujo suco é uma solução aquosa de $\text{pH} = 4$. A e B foram ligados externamente por um resistor (formação da pilha 1). Após alguns instantes, removeu-se o resistor, que foi então utilizado para ligar A e C (formação da pilha 2).

Nesse experimento, o polo positivo e o metal corroído na pilha 1 e o polo positivo e o metal corroído na pilha 2 são, respectivamente,

	pilha 1		pilha 2	
	polo positivo	metal corroído	polo positivo	metal corroído
a)	B	A	A	C
b)	B	A	C	A
c)	B	B	C	C
d)	A	A	C	A
e)	A	B	A	C

35. (FUVEST-SP) – A constante de equilíbrio $\text{Co(s)} + \text{Ni}^{2+}\text{(aq)} \rightleftharpoons \text{Ni(s)} + \text{Co}^{2+}\text{(aq)}$,

em termos de concentração em mol/L, a 25°C , é igual a 10.

- a) Escreva a expressão matemática dessa constante de equilíbrio.
A 25°C , monta-se uma pilha na qual um dos eletrodos é uma barra de cobalto mergulhada numa solução de sulfato de cobalto, e o outro eletrodo é uma barra de níquel mergulhada numa solução de sulfato de níquel. As soluções estão ligadas por meio de uma ponte salina e o circuito é fechado por um voltímetro.
- b) Qual é o polo positivo da pilha quando as soluções de $\text{Co}^{2+}\text{(aq)}$ e $\text{Ni}^{2+}\text{(aq)}$ têm, ambas, concentração igual a $1,0 \text{ mol/L}$?
- c) Qual será a relação entre as concentrações de $\text{Co}^{2+}\text{(aq)}$ e $\text{Ni}^{2+}\text{(aq)}$ quando esta pilha deixar de funcionar?
Justifique as respostas aos itens b e c, utilizando argumentos de constante de equilíbrio.

36. (UPE-PE) – Dário Belo, um torcedor fanático e vibrador, no ano em que seu time foi campeão, ouviu seguidas vezes a narração do gol da vitória, narrado pelo saudoso e inigualável “Gandulão de Ouro”. Admita que o desgaste sofrido pela cápsula de zinco da pilha, apenas para Dário Belo ouvir as várias repetições da narração do gol, foi de $0,327 \text{ g}$.

Sabendo-se que a corrente elétrica fornecida pela pilha é constante e igual a 0,2 ampère, e que a narração do gol levou exatos 25s, qual o número de vezes que o fanático Dário Belo ouviu a narração do gol?

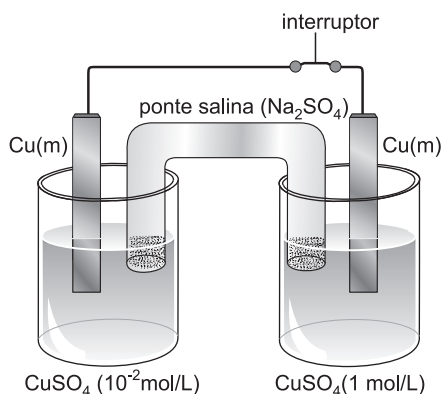
Carga elétrica de 1 mol de elétrons = 96500 coulombs

Zn = 65,4u

a) 100 b) 193 c) 1.000 d) 10.000 e) 300

37. (UFF-RJ) – Nas pilhas eletroquímicas, normalmente se utilizam soluções eletrolíticas e eletrodos diferentes no anodo e no catodo.

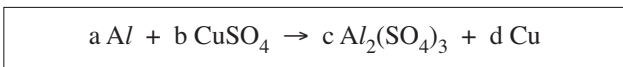
No entanto, pode-se construir uma pilha eletroquímica com eletrodos do mesmo metal e soluções eletrolíticas de mesmo soluto, desde que essas soluções apresentem concentrações diferentes. Um exemplo desse tipo de pilha é apresentado a seguir.



Potenciais de redução	
$\text{Cu}^{2+} (1\text{mol/L}) + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}^0$	$E = + 0,34\text{V}$
$\text{Cu}^{2+} (10^{-2}\text{mol/L}) + 2 e^- \rightarrow \text{Cu}^0$	$E = + 0,28\text{V}$

a) A solução mais concentrada (1mol/L) irá espontaneamente diluir-se pelo consumo dos íons Cu^{2+} presentes na solução, enquanto a mais diluída (10^{-2}mol/L) tenderá a ficar mais concentrada devido à produção de íons Cu^{2+} . Com base nos potenciais de redução fornecidos, explique essa afirmativa.

b) O CuSO_4 em solução (coloração azulada) presente na pilha sofre reação de deslocamento na presença de alumínio metálico, tornando a solução gradativamente incolor. Determine os coeficientes mínimos e inteiros (a, b, c, d) que ajustam a equação da reação de deslocamento representada a seguir:

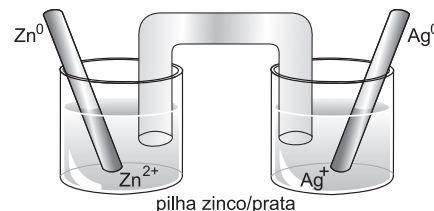


Módulo 22 – Espontaneidade de uma Reação, Eletrólise, Cuba Eletrolítica e Eletrólise Ígnea

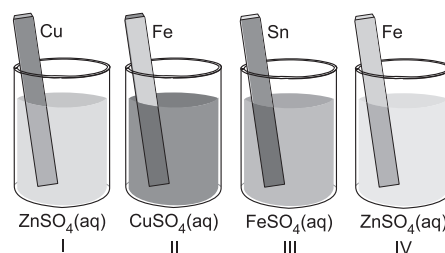
1. (UFRJ) – Utilizando a tabela de potenciais-padrão apresentada a seguir, pode-se prever se uma reação ocorre espontaneamente e também determinar a diferença de potencial entre os eletrodos de uma pilha.

$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn}^0$	$E^0 = - 0,14\text{V}$
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}^0$	$E^0 = - 0,44\text{V}$
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}^0$	$E^0 = - 0,76\text{V}$
$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}^0$	$E^0 = + 0,80\text{V}$

- a) Justifique por que nas condições-padrão a reação $\text{Sn}^{2+} + \text{Fe}^0 \rightleftharpoons \text{Sn}^0 + \text{Fe}^{2+}$ ocorre espontaneamente.
 b) Determine a força eletromotriz padrão (ddp padrão) da pilha zinco/prata.



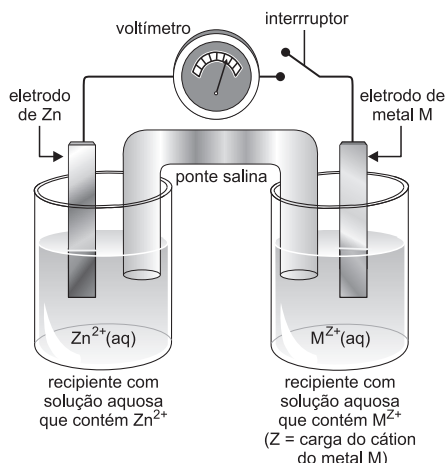
2. (UFRJ) – Os quatro frascos apresentados a seguir contêm soluções salinas de mesma concentração molar, a 25°C. Em cada frasco, encontra-se uma placa metálica mergulhada na solução.



	E^0 redução (V)
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$	- 0,76
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}$	- 0,44
$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}$	- 0,14
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	+ 0,34

- a) Identifique o frasco em que ocorre reação química espontânea e escreva a respectiva equação.
- b) Sabendo que o frasco III contém 304 gramas de FeSO_4 em 2 litros de solução, determine a concentração, em g/L, da solução de ZnSO_4 no frasco I.
Massas molares em g/mol: FeSO_4 : 152; ZnSO_4 : 161.

3. (UnB-DF) – Considerando-se o esquema de uma pilha e os dados de potenciais-padrão de eletrodo (E^0) abaixo, julgue os itens seguintes.



Semirreação	E^0_{red} (volt)
$\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}(\text{s})$	- 2,714
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{s})$	- 1,67
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}(\text{s})$	- 0,763
$\text{H}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons 1/2\text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s})$	+ 0,337
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$	+ 0,80

- Quando $M = \text{Cu}(\text{s})$, a reação total da pilha é: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Zn}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{s}) + \text{Zn}^{2+}(\text{aq})$, e o íon cúprico é o agente oxidante.
- Quando $M = \text{Ag}(\text{s})$, os elétrons migram do eletrodo de prata para o eletrodo de zinco.
- Para $M = \text{Cu}(\text{s})$, o eletrodo de cobre é o catodo (polo positivo) e o de zinco é o anodo (polo negativo).
- Uma reação de oxirredução será espontânea, se o seu potencial total (reação da pilha) for menor que zero.
- Para os dados aqui fornecidos, a maior voltagem dessa pilha será obtida, quando o eletrodo de zinco for substituído pelo de sódio e $M = \text{Ag}(\text{s})$.
- Diz-se que uma espécie química sofre “oxidação”, quando recebe elétrons; e sofre “redução”, quando cede elétrons.
- O potencial-padrão de eletrodo (E^0) da semirreação: $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{s})$ foi escolhido como padrão de referência para se obter o E^0 para todas as outras semirreações.

- 8) Por convenção, considera-se o potencial de reação total da pilha [$E^0(\text{pilha})$] como sendo a diferença:
 $E^0(\text{pilha}) = E^0(\text{catodo}) - E^0(\text{anodo})$, em que $E^0(\text{catodo})$ e $E^0(\text{anodo})$ são os potenciais-padrão de redução do catodo e do anodo, respectivamente.

4. (FUVEST-SP) – Considere os seguintes potenciais-padrão de redução:

Semirreação (em solução aquosa)	Potencial (volt)
$\text{Ce}^{4+} + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}$	+ 1,61
$\text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$	+ 0,15

- Representar a reação que ocorre numa solução aquosa que contenha essas espécies químicas, no estado-padrão.
- Na reação representada, indicar a espécie que age como oxidante e a que age como redutora.

5. (ITA) – Considere os metais P, Q, R e S e quatro soluções aquosas contendo, cada uma, um dos íons P^{p+} , Q^{q+} , R^{r+} , S^{s+} (sendo p, q, r, s números inteiros e positivos). Em condições-padrão, cada um dos metais foi colocado em contato com uma das soluções aquosas e algumas das observações realizadas podem ser representadas pelas seguintes equações químicas:

- $q\text{P} + p\text{Q}^{q+} \rightarrow$ não ocorre reação.
- $r\text{P} + p\text{R}^{r+} \rightarrow$ não ocorre reação.
- $r\text{S} + s\text{R}^{r+} \rightarrow s\text{R} + r\text{S}^{s+}$.
- $s\text{Q} + q\text{S}^{s+} \rightarrow q\text{S} + s\text{Q}^{q+}$.

Baseado nas informações acima, a ordem crescente do poder oxidante dos íons P^{p+} , Q^{q+} , R^{r+} e S^{s+} deve ser disposta da seguinte forma:

- $\text{R}^{r+} < \text{Q}^{q+} < \text{P}^{p+} < \text{S}^{s+}$.
- $\text{P}^{p+} < \text{R}^{r+} < \text{S}^{s+} < \text{Q}^{q+}$.
- $\text{S}^{s+} < \text{Q}^{q+} < \text{P}^{p+} < \text{R}^{r+}$.
- $\text{R}^{r+} < \text{S}^{s+} < \text{Q}^{q+} < \text{P}^{p+}$.
- $\text{Q}^{q+} < \text{S}^{s+} < \text{R}^{r+} < \text{P}^{p+}$.

6. (CESGRANRIO) – Fios de cobre foram imersos em solução 1 mol/L dos seguintes compostos:

solução I: AgNO_3 solução II: ZnSO_4 solução III: HCl

Eis a tabela de potenciais-padrão:

Semirreação	E^0 (volt)
$\frac{1}{2} \text{Cl}_2 + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^-$	+ 1,36
$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+ 0,890
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}^0$	+ 0,799
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^0$	+ 0,337
$\text{AgCl} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}^0 + \text{Cl}^-$	+ 0,222
$\text{Cu}^{2+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+$	+ 0,153
$\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \frac{1}{2} \text{H}_2$	0,000
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}^0$	- 0,763

Baseando-se nessa tabela, indique a única afirmação correta:

- Haverá redução de íons na solução I.
- Haverá dissolução de cobre na solução II.
- Na solução II haverá deposição de zinco metálico sobre o cobre.
- Haverá dissolução de cobre nas soluções II e III.
- Haverá desprendimento de cloro na solução III e de NO_2 na solução I.

7. **(MODELO ENEM)** – A corrosão eletroquímica opera como uma pilha. Ocorre uma transferência de elétrons, quando dois metais de diferentes potenciais são colocados em contato. Considere uma lata de aço revestida com estanho: se a camada de estanho for riscada ou perfurada, o ferro funcionará como anodo e o estanho como catodo, o que acelera a corrosão. Isto acontece porque:

- o Fe tem maior capacidade de ganhar elétrons.
- o Fe^{2+} tem menor potencial de redução que o Sn^{2+} .
- o Sn é um agente redutor.
- o Fe^{2+} tem maior potencial de redução que o Sn^{2+} .
- o Sn tem maior capacidade de doar elétrons.

8. **(UCG-GO)** – A afirmação é correta ou incorreta?

- () As reações de oxidação e redução de uma pilha galvânica são espontâneas, gerando energia, ao contrário daquelas que ocorrem em uma célula eletrolítica.

9. “Obtém-se sódio metálico por eletrólise do NaCl ..I. . O processo deve ser realizado em ..II. de ar, devido à ..III. reatividade do metal obtido.”

Completa-se corretamente o texto acima quando as lacunas I, II e III são preenchidas, respectivamente, por:

- fundido, presença, baixa.
- fundido, ausência, alta.
- fundido, ausência, baixa.
- em solução aquosa, presença, baixa.
- em solução aquosa, ausência, alta.

10. **(UnB-DF)** – Para que seus alunos estudassem alguns fenômenos elétricos, certo professor propôs a realização, em laboratório, de experimento para a observação da capacidade de condução de corrente elétrica de diferentes materiais. A respeito do experimento, um estudante fez as seguintes anotações:

- Após montar o aparelho denominado **eletrolisador**, testei a capacidade de condução de corrente elétrica de vários materiais existentes no laboratório.
- Impressionou-me o fato de encostar os polos do aparelho nas extremidades de um lápis e constatar que a grafite (carbono) conduz eletricidade, pois a lâmpada do aparelho acendeu.
- Outro fato que me impressionou foi constatar que, ao testar a passagem de corrente por fios de palha de aço fina,

ocorria o superaquecimento dos fios, que ficavam incandescentes até pegarem fogo.

- Um teste adicional foi sugerido pelo professor: observei a deposição de ferro metálico sobre um pedaço de cobre, provocada pelo fornecimento de energia elétrica.

Com o auxílio das informações contidas no relato, julgue os itens a seguir:

- A anotação **II** mostra que o carbono é um metal, confirmando a informação da tabela periódica.
- O superaquecimento dos fios da palha de aço ocorreu devido à sua resistência à passagem de corrente elétrica.
- Quando os fios da palha de aço “pegaram fogo”, houve uma reação de combustão do ferro com o oxigênio do ar.
- No teste citado na anotação **IV**, houve eletrodeposição, com redução de íons de ferro.

11. Dados:

	E (volt)
$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	+ 2,87
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+ 1,36
$\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$	+ 1,09
$\text{I}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	+ 0,54

Facilidade de descarga na eletrólise: $\text{H}_2\text{O} > \text{F}^-$

Com base nos dados, pode-se afirmar que o único processo possível de obtenção do F_2 , a partir do NaF , é a:

- reação com cloro.
- reação com bromo.
- reação com iodo.
- eletrólise de NaF(aq) .
- eletrólise de NaF(l) .

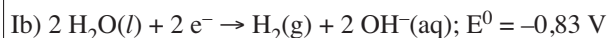
12. **(UFG-GO)** – Muitos dos termos que os químicos utilizam, tais como ânion, cátion, eletrodo e eletrólito, foram introduzidos por M. Faraday, um pesquisador bastante influente na história da Química. Sobre esses termos é correto afirmar:

- ânions são íons negativos e cátions são íons positivos;
- cátions e ânions ligam-se por ligações covalentes;
- eletrólitos são substâncias que em solução aquosa conduzem corrente elétrica;
- soluções eletrolíticas são obtidas pela dissolução de compostos moleculares;
- anodo é o eletrodo de uma célula eletroquímica, em que ocorre a oxidação;
- potencial-padrão de eletrodo é o potencial, em volts, correspondente à semirreação de redução.

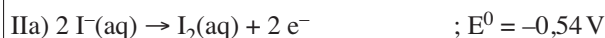
Módulo 23 – Eletrólise em Solução Aquosa

1. (UFC-CE) – Durante a eletrólise de soluções aquosas de iodeto de sódio (NaI), quatro diferentes semirreações poderiam estar envolvidas nos processos catódico e anódico. Observe as semirreações de eletrodo a seguir relacionadas:

Eletrodo I:



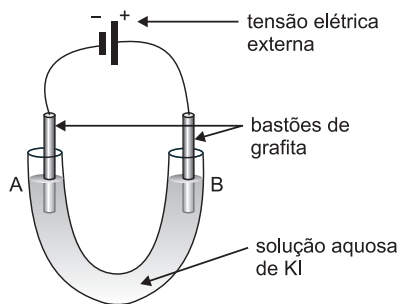
Eletrodo II:



Com base nos valores de E^0 , assinale a alternativa que relaciona corretamente as semirreações que ocorrerão no catodo e anodo, respectivamente.

- a) Ib e IIa b) Ia e IIa c) Ib e IIb
d) Ia e IIb e) IIa e Ib

2. (FUVEST-SP – MODELO ENEM) – Uma solução aquosa de iodeto de potássio (KI) foi eletrolisada, usando-se a aparelhagem esquematizada na figura. Após algum tempo de eletrólise, adicionaram-se algumas gotas de solução de fenolftaleína na região do eletrodo A e algumas gotas de solução de amido na região do eletrodo B. Verificou-se o aparecimento da cor rosa na região de A e da cor azul (formação de iodo) na região de B.



Nessa eletrólise,

- I) no polo negativo, ocorre redução da água com formação de OH^- e de H_2 .
II) no polo positivo, o iodeto ganha elétrons e forma iodo.
III) a grafite atua como condutora de elétrons.

Dessas afirmações, apenas a

- a) I é correta.
b) II é correta.
c) III é correta.
d) I e a III são corretas.
e) II e a III são corretas.

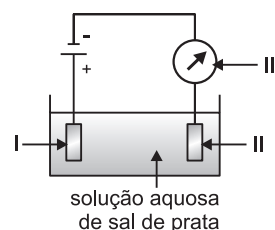
3. A diferença entre a eletrólise ígnea e a eletrólise em solução aquosa concentrada de cloreto de sódio é que só na eletrólise ígnea:

- a) há deposição de sódio metálico no catodo.
b) há desprendimento de hidrogênio no catodo.
c) há desprendimento de cloro no catodo.
d) há desprendimento de cloro no anodo.
e) o Na^+ permanece inalterado.

4. (FUVEST-SP) – Michael Faraday (1791-1867), eletroquímico cujo 2.º centenário de nascimento se comemorou em 1991, comentou que “uma solução de iodeto de potássio e amido é o mais admirável teste de ação eletroquímica” pelo aparecimento de uma coloração azul, quando da passagem de corrente contínua.

- a) Escreva a equação que representa a ação da corrente elétrica sobre o iodeto.
b) Em que polo surge a coloração azul? Justifique sua resposta.

5. (FUVEST-SP – MODELO ENEM) – Para pratear eletroliticamente um objeto de cobre e controlar a massa de prata depositada no objeto, foi montada a aparelhagem esquematizada na figura abaixo,



na qual I, II e III são, respectivamente,

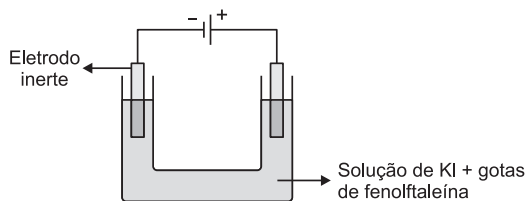
- a) o objeto de cobre, uma chapa de platina e um amperímetro.
b) uma chapa de prata, o objeto de cobre e um volímetro.
c) o objeto de cobre, uma chapa de prata e um volímetro.
d) o objeto de cobre, uma chapa de prata e um amperímetro.
e) uma chapa de prata, o objeto de cobre e um amperímetro.

6. (FUVEST-SP) – Água, contendo Na_2SO_4 apenas para tornar o meio condutor e o indicador fenolftaleína, é eletrolisada com eletrodos inertes.

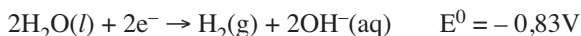
Neste processo, observa-se desprendimento de gás:

- a) de ambos os eletrodos e aparecimento de cor vermelha somente ao redor do eletrodo negativo.
b) de ambos os eletrodos e aparecimento de cor vermelha somente ao redor do eletrodo positivo.
c) somente do eletrodo negativo e aparecimento de cor vermelha ao redor do eletrodo positivo.
d) somente do eletrodo positivo e aparecimento de cor vermelha ao redor do eletrodo negativo.
e) de ambos os eletrodos e aparecimento de cor vermelha ao redor de ambos os eletrodos.

7. (UNIFESP) – A uma solução aquosa contendo KI suficiente para tornar o meio condutor, foram adicionadas algumas gotas do indicador fenolftaleína. A solução resultante foi eletrolisada com eletrodos inertes, no dispositivo esquematizado a seguir.



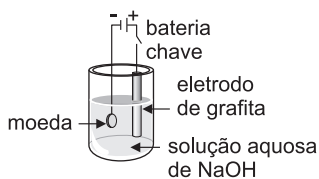
São fornecidos os potenciais padrão de redução das espécies químicas presentes na solução, que podem sofrer oxidorredução no processo.



Com base nesses dados, pode-se prever que, durante a eletrólise da solução, haverá desprendimento de gás

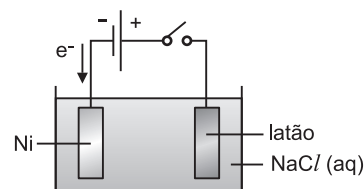
- em ambos os eletrodos, e aparecimento de cor vermelha apenas ao redor do eletrodo negativo.
- em ambos os eletrodos, e aparecimento de cor vermelha apenas ao redor do eletrodo positivo.
- em ambos os eletrodos, e aparecimento de cor vermelha também ao redor dos dois eletrodos.
- somente do eletrodo positivo, e deposição de potássio metálico ao redor do eletrodo negativo.
- somente do eletrodo negativo, e aparecimento de cor vermelha apenas ao redor do mesmo eletrodo.

8. (FUVEST-SP) – Moedas feitas com ligas de cobre se oxidam parcialmente pela ação do ambiente. Para “limpar” essas moedas pode-se utilizar o arranjo esquematizado a seguir. Ao se fechar o circuito, a semirreação que ocorre na moeda é:



- $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$
- $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^+ + \text{e}^-$
- $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
- $\text{Cu} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow 2\text{Cu}^+$
- $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$

9. (FUVEST-SP – MODELO ENEM) – Com a finalidade de niquelar uma peça de latão (liga de cobre e zinco), foi montado um circuito, utilizando-se fonte de corrente contínua, como representado na figura.



No entanto, devido a erros experimentais, ao fechar o circuito, não ocorreu a niquelação da peça. Para que essa ocorresse, foram sugeridas as alterações:

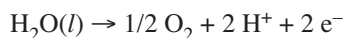
- Inverter a polaridade da fonte de corrente contínua.
- Substituir a solução aquosa de NaCl por solução aquosa de NiSO_4 .
- Substituir a fonte de corrente contínua por uma fonte de corrente alternada de alta frequência.

O êxito do experimento requereria apenas

- a alteração I.
- a alteração II.
- a alteração III.
- as alterações I e II.
- as alterações II e III.

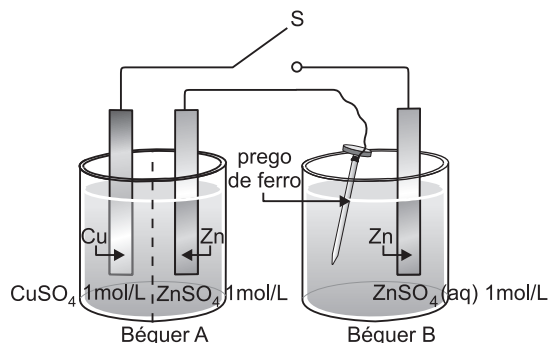
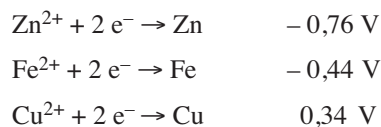
10. (U.S. CECÍLIA-SANTOS-SP) – Em relação à decomposição eletrolítica (eletrólise) da água acidulada com H_2SO_4 , é **falso** afirmar que:

- O gás H_2 é produzido no catodo da célula.
- O gás O_2 é produzido no anodo da célula.
- Os volumes de H_2 e O_2 produzidos nos eletrodos são iguais.
- Num dos eletrodos ocorre a semirreação: $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$.
- Num dos eletrodos ocorre a semirreação:



11. (UFPE/UFRPE) – No béquer A, a linha pontilhada representa uma parede porosa que separa as soluções aquosas de CuSO_4 1mol/L e de ZnSO_4 1mol/L.

Considere os potenciais-padrão a seguir:



Ao fechar a chave “S”, podemos afirmar:

- I – II
- 0 – 0 zinco será oxidado nos dois béqueres;
- 1 – 1 ocorrerá depósito de ferro metálico sobre o eletrodo de zinco;
- 2 – 2 o béquer “A” é uma célula galvânica (uma pilha) e o béquer “B” é uma célula eletrolítica;
- 3 – 3 não haverá reação química;
- 4 – 4 após algum tempo, o eletrodo de cobre e o prego estarão mais pesados e os eletrodos de zinco, mais leves.

12. (UESB-BA – MODELO ENEM) – A galvanização é um processo em que um metal recebe um revestimento de outro metal, através da eletrólise aquosa de um sal. Por esse tipo de processo, passam materiais cromados, anéis folheados a ouro, talheres “de prata”, ferro galvanizado (revestido com Zn).

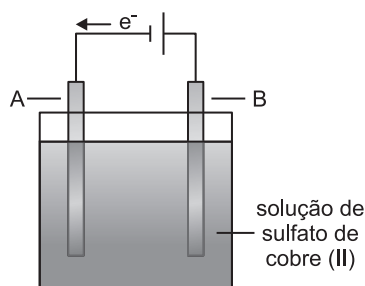
Com relação aos processos de galvanização e de eletrólise, pode-se afirmar:

- I) A galvanização é um processo físico-químico.
- II) A eletrólise é uma reação de oxidorredução não espontânea.
- III) Na eletrólise, ocorre geração de energia.
- IV) O catodo é, na galvanização, constituído do metal que se quer revestir.
- V) Na galvanização do ferro, o catodo é o zinco.

Utilize o código:

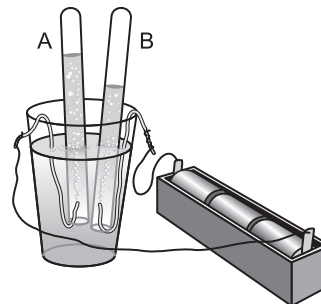
- 01) Somente I e II estão corretas.
- 02) Somente III e V estão corretas.
- 03) Somente IV e V estão corretas.
- 04) Somente I, II e IV estão corretas.
- 05) Somente V está correta.

13. (UNICAMP-SP) – Um processo de purificação de cobre metálico consiste em se passar uma corrente elétrica por uma solução aquosa de sulfato de cobre II, de cor azul, durante um determinado intervalo de tempo. Nesta solução são mergulhados dois eletrodos de cobre metálico, sendo um de cobre impuro. No transcorrer do processo, o cobre metálico vai se depositando sobre um dos eletrodos, ficando livre das impurezas. O desenho a seguir mostra esquematicamente a situação no início do processo.



- a) Em qual dos eletrodos, A ou B, se depositará cobre metálico purificado? Justifique.
- b) A intensidade da cor azul é diretamente proporcional à concentração de Cu^{2+} na solução. Com base nesta informação e no processo de purificação acima descrito, responda se ao final do experimento a intensidade da cor azul terá aumentado, permanecido igual ou diminuído em relação à cor inicial. Justifique.

14. (UFRJ) – O esquema abaixo ilustra a decomposição da água ligeiramente acidulada pela passagem da corrente elétrica. Formam-se, então, os gases H_2 e O_2 , que se acumulam na parte superior dos tubos, sendo o volume de um deles igual ao dobro do volume do outro, como sugere a fórmula H_2O .

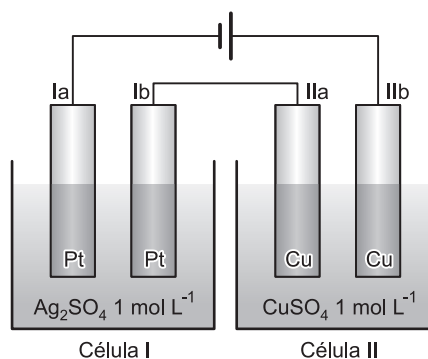


- a) Identifique, apresentando justificativa, a qual polo da pilha está conectado o tubo A.
- b) Com base na Tabela Periódica, explique por que o tubo A é mais pesado que o tubo B, depois de ambos estarem cheios de gás.

Nota: Na Tabela Periódica encontram-se as massas atômicas:

O: 16 u; H: 1u.

15. (ITA-SP) – Duas células (I e II) são montadas como mostrado na figura. A célula I contém uma solução aquosa 1 mol L^{-1} em sulfato de prata e duas placas de platina. A célula II contém uma solução aquosa 1 mol L^{-1} em sulfato de cobre e duas placas de cobre. Uma bateria fornece uma diferença de potencial elétrico de 12 V entre os eletrodos Ia e IIb, por um certo intervalo de tempo. Assinale a opção que contém a afirmativa **errada** em relação ao sistema descrito.



- a) Há formação de $\text{O}_2(\text{g})$ no eletrodo Ib.
- b) Há um aumento da massa do eletrodo Ia.
- c) A concentração de íons Ag^+ permanece constante na célula I.
- d) Há um aumento de massa do eletrodo IIa.
- e) A concentração de íons Cu^{2+} permanece constante na célula

Módulo 24 – Eletrólise Quantitativa

1. (FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS) – O quociente

$\frac{\text{Faraday}}{\text{N}^\circ \text{ de Avogadro}}$ permite calcular:

- a carga do elétron.
- a carga de uma partícula alfa.
- o potencial de ionização.
- a constante geral dos gases perfeitos.
- a massa molar do hidrogênio.

2. (UNESP) – Após o Neolítico, a história da humanidade caracterizou-se pelo uso de determinados metais e suas ligas. Assim, à idade do cobre (e do bronze) sucedeu-se a idade do ferro (e do aço), sendo que mais recentemente iniciou-se o uso intensivo do alumínio. Esta sequência histórica se deve aos diferentes processos de obtenção dos metais correspondentes, que envolvem condições de redução sucessivamente mais drásticas.

- Usando os símbolos químicos, escreva a sequência destes metais, partindo do menos nobre para o mais nobre, justificando-a com base nas informações acima.
- Para a produção do alumínio (grupo 13 da classificação periódica), utiliza-se o processo de redução eletrolítica ($Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$). Qual a massa de alumínio produzida após 300 segundos usando-se uma corrente de $9,65 \text{ C} \cdot \text{s}^{-1}$? (Dados: massa molar do $Al = 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ e a Constante de Faraday, $F = 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$)

3. (ITA-SP – MODELO ENEM) – Para niquelar uma peça de cobre, usou-se uma solução de sulfato de níquel (II) e aparelhagem conveniente para eletrodeposição. Terminada a niquelação, verificou-se que havia passado pelo circuito $1,0 \times 10^{-3}$ mol de elétrons. Conclui-se, então, que a quantidade de níquel depositada sobre a peça de cobre foi

Dado: $Ni = 58,71u$

- $5,0 \times 10^{-4}$ mol, isto é, $29,35 \times 10^{-3}g$.
- $1,0 \times 10^{-3}$ mol, isto é, $58,71 \times 10^{-3}g$.
- $2,0 \times 10^{-3}$ mol, isto é, $117,42 \times 10^{-3}g$.
- $2,5 \times 10^{-4}$ mol, isto é, $14,67 \times 10^{-3}g$.
- $1,0 \times 10^{-3}$ mol, isto é, $29,35 \times 10^{-3}g$.

4. (UFSC) – A massa atômica de um elemento é 119 u. O número de oxidação desse elemento é + 4. Qual a massa depositada desse elemento, quando se fornecem na eletrólise 9650 coulombs?

- 11,9 g
- $9650 \times 119g$
- 1,19 g
- 2,975 g

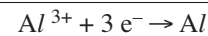
Dado: 1 faraday = 96.500 C .

5. Uma corrente elétrica atuando numa solução de $NaCl$ libera, depois de um certo tempo, três litros de cloro nas condições normais. A mesma corrente elétrica, atuando numa solu-

ção de cloreto de ferro-III durante o mesmo tempo e nas mesmas condições, libera um volume de cloro igual a:

- 1 L;
- 9 L;
- 3 L;
- 2 L;
- 5 L.

6. (UNIP-SP) – O alumínio é obtido pela eletrólise do óxido de alumínio (Al_2O_3) fundido, de acordo com a reação catódica:



A quantidade de elétrons, em mols, necessária para a obtenção de 675 g de alumínio é:

Dado: massa molar do alumínio = 27 g/mol .

- 3
- 25
- 50
- 75
- 100

7. (CESGRANRIO) – Para a deposição eletrolítica de 11,2 gramas de um metal cuja massa atômica é 112u, foram necessários 19.300 coulombs.

Portanto, o número de oxidação do metal é:

Dado: faraday = 96.500 C .

- + 1
- + 2
- + 3
- + 4
- + 5

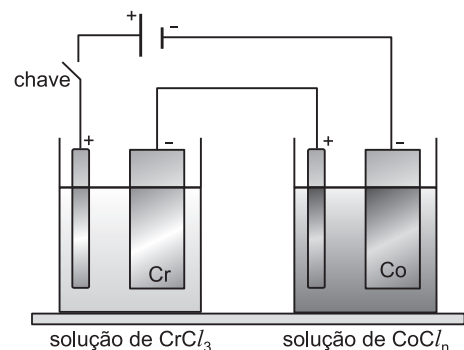
8. (UFF-RJ) – Uma célula eletrolítica, operando com uma corrente elétrica constante de 0,5 A nas CNTP, através de uma solução aquosa de H_2SO_4 , produziu num dos eletrodos 56,0 mL, medidos nas CNTP, de um gás, constituído por uma substância simples. No outro eletrodo, observou-se a evolução de oxigênio.

- Identifique o gás desconhecido e associe corretamente os produtos eletrolíticos do anodo e do catodo.
- Calcule o volume de oxigênio produzido nas CNTP.
- Calcule o tempo total de eletrólise, admitindo-se uma eficiência de 100%.

Dados: volume molar nas CNTP = $22,4 \text{ L} / \text{mol}$;

faraday = 96.500 C .

9. (UNESP-SP) – No laboratório, foi feita a montagem esquematizada na figura, utilizando-se placas de crômio e de cobalto, dois eletrodos inertes, uma chave interruptora e uma bateria. Os dois recipientes contêm, respectivamente, soluções aquosas de sais de crômio e de cobalto.



O circuito foi ligado durante um certo tempo, após o qual se verificaram aumentos de massa de 0,3467g na placa de crômio e de 0,5906g na placa de cobalto.

A partir desses resultados, um estudante fez as seguintes afirmações:

Após um período de funcionamento do circuito, observou-se a deposição de 29,35g de níquel metálico a partir da solução de NiSO_4 . São dadas as massas molares, expressas em g/mol: $\text{Cu} = 63,50$; $\text{Fe} = 55,80$; $\text{Ni} = 58,70$.

Supondo 100% de rendimento no processo, as quantidades de cobre e de ferro, em gramas, depositadas a partir de suas respectivas soluções são, respectivamente,

- 21,17 e 18,60.
- 21,17 e 29,35.
- 31,75 e 18,60.
- 31,75 e 27,90.
- 63,50 e 55,80.

17. (ITA-SP) – Uma fonte de corrente contínua fornece corrente elétrica a um sistema composto por duas células eletrolíticas, ligadas em série através de um fio condutor. Cada célula é dotada de eletrodos inertes. Uma das células contém somente uma solução aquosa 0,3 molar de NiSO_4 , e a outra, apenas uma solução aquosa 0,2 molar de $\text{Au}(\text{Cl})_3$. Se durante todo o período da eletrólise as únicas reações que ocorrem nos catodos são as deposições dos metais, qual das opções corresponde ao valor da relação: massa de níquel depositado / massa de ouro depositado?

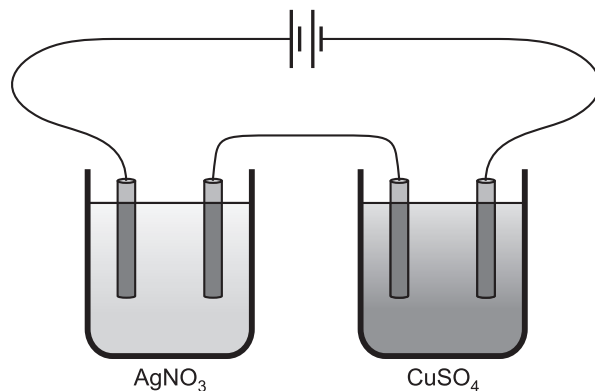
- 0,19
- 0,45
- 1,0
- 2,2
- 5,0

Dado: massas molares em g/mol: $\text{Ni} = 58,71$; $\text{Au} = 196,97$.

18. (ITA-SP) – Num copo contendo solução aquosa 0,10 molar de AgNO_3 são introduzidas duas chapas de prata. Uma das chapas (A) é ligada ao polo positivo de uma bateria e a outra (B) é ligada ao polo negativo dessa bateria. Durante a eletrólise não ocorre desprendimento gasoso. Assinale a afirmação errada:

- A massa da chapa A aumenta com o prosseguimento da eletrólise.
- Na chapa B ocorre a reação $\text{Ag}^+(\text{aq}) + 1 \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$.
- A quantidade de $\text{Ag}^+(\text{aq})$ na solução não se altera com a eletrólise.
- Os íons nitrato migram através da solução no sentido da chapa B para a chapa A.
- A massa de prata que se deposita numa das chapas é proporcional à carga drenada da bateria.

19. (UFRS – MODELO ENEM) – Pelo circuito representado a seguir, circula durante 5,0 minutos uma corrente de 1,0A que passa por duas células eletrolíticas contendo soluções aquosas de nitrato de prata e sulfato de cobre, respectivamente.



A relação entre a massa de prata e a massa de cobre depositada nas células do circuito é aproximadamente igual a

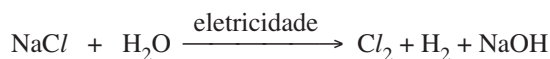
Dado: Massas molares em g/mol: $\text{Ag} = 108$; $\text{Cu} = 63,5$.

- 0,5.
- 1,0.
- 1,7.
- 2,0.
- 3,4.

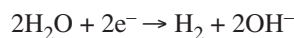
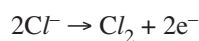
20. (UNICAMP-SP) – Em um determinado processo eletrolítico, uma pilha mostrou-se capaz de fornecer $5,0 \times 10^{-3}$ mols de elétrons, esgotando-se depois.

- Quantas pilhas seriam necessárias para se depositar 0,05 mol de cobre metálico, a partir de uma solução de Cu^{2+} , mantendo-se as mesmas condições do processo eletrolítico?
- Quantos gramas de cobre seriam depositados nesse caso?
Massa molar do cobre = 63,5 g/mol.

21. (UFRN) – O Rio Grande do Norte é o maior produtor de sal marinho (NaCl) do Brasil. Esse sal é uma das principais matérias-primas da indústria química, sendo utilizado, por exemplo, na obtenção do gás cloro (Cl_2). Um dos métodos de obtenção do Cl_2 gasoso é a eletrólise de uma solução concentrada de NaCl . A reação completa não balanceada é:



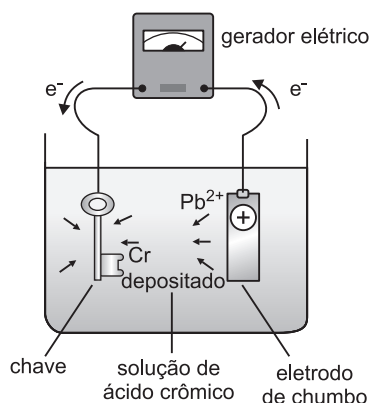
As semirreações que acontecem em cada eletrodo são:



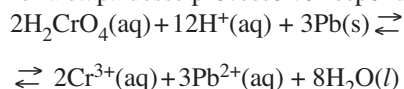
Com base nas informações acima, atenda às solicitações abaixo.

- Identifique o agente oxidante e o redutor. No instante em que forem adicionadas gotas do indicador fenolftaleína, próximo ao catodo e ao anodo, onde haverá mudança de cor? Explique. (Obs.: A fenolftaleína passa de incolor para rosa em $\text{pH} > 8$.)
- Calcule quantos mols de cloro serão produzidos em uma célula eletroquímica industrial, passando 1930A de corrente durante 8 minutos e 20 segundos.

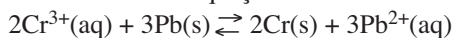
22. (UnB-DF)



A galvanização por cromo ocorre em banhos metálicos, em que o metal a ser galvanizado é mergulhado em uma solução de ácido crômico, uma substância composta que contém cromo hexavalente, como mostra o exemplo de cromação ilustrado na figura acima. A primeira etapa desse processo corresponde à reação

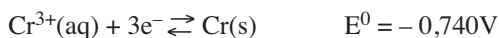
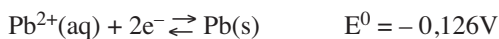


Essa reação é espontânea e ocorre antes mesmo da aplicação de voltagem, a qual só é necessária para que ocorra a reação não espontânea entre o íon Cr^{3+} , produzido nessa etapa, e o chumbo, de acordo com a equação



No processo ilustrado, o $\text{Cr}(\text{s})$ produzido deposita-se sobre a chave, protegendo-a contra corrosão.

A seguir, são fornecidos alguns potenciais-padrão de redução, a 25°C .



Considerando as informações do texto acima e que $M(\text{Cr}) = 52,0\text{g/mol}$ e 1 mol de elétrons corresponde a $96\,500\text{C}$, julgue os itens a seguir.

- 1) No processo de galvanização ilustrado, não há consumo de energia elétrica.
- 2) No processo ilustrado, a chave representa o anodo.
- 3) Para que o processo de galvanização ilustrado seja realizado corretamente, além do ácido crômico, um outro ácido poderá ser adicionado ao banho.
- 4) A constante de equilíbrio K da reação de cromação, ou seja, da reação entre o íon Cr^{3+} e o chumbo, pode ser corretamente expressa pela seguinte equação.

$$K = \frac{[\text{Cr}]^2 [\text{Pb}^{2+}]^3}{[\text{Cr}^{3+}]^2 [\text{Pb}]^3}$$

- 5) Nas condições-padrão, $1,0\text{V}$ aplicado no gerador elétrico é suficiente para que haja deposição de cromo sobre a chave.
- 6) Para que seja depositado $1,0\text{g}$ de cromo sobre a chave, são suficientes 8min de banho com uma corrente elétrica de 10A .