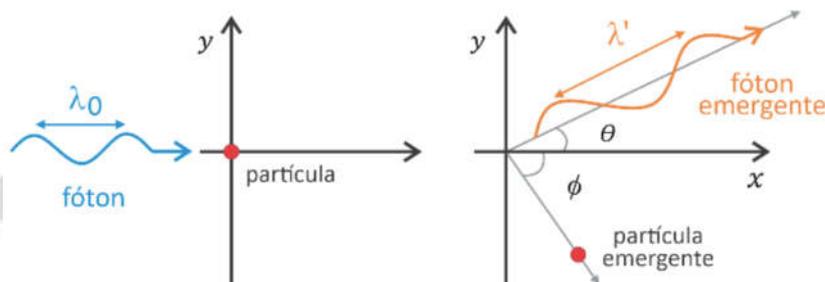


## FUVEST 2025 – Primeira fase e Segunda fase

### CONHECIMENTOS GERAIS

**1. (Interdisciplinar)** O efeito Compton, descoberto na década de 1920, é hoje amplamente utilizado durante tratamentos radioterápicos. O efeito relaciona-se à mudança no comprimento de onda de fótons de raios X quando interagem com partículas como elétrons ou prótons, conforme ilustrado na figura a seguir.



Quando um fóton com comprimento de onda  $\lambda_0$  incide sobre uma partícula, ele emerge dessa interação formando um ângulo  $\theta$  com sua direção inicial de movimento, e seu novo comprimento de onda  $\lambda'$  é dado pela relação

$$\lambda' = \lambda_0 + \frac{\alpha}{m}(1 - \cos \theta),$$

em que  $\alpha$  é uma constante positiva e  $m$  é a massa da partícula.

Com base nessas informações e em seus conhecimentos sobre a propagação das ondas eletromagnéticas, assinale a alternativa correta.

- (A) A maior variação no comprimento de onda do fóton ocorre quando o ângulo  $\theta$  é igual a  $90^\circ$ .
- (B) Se o ângulo  $\theta$  é igual a  $30^\circ$ , o fóton emergente tem frequência menor do que a frequência inicial.
- (C) Quando  $\theta = 0$ , a velocidade do fóton emergente é menor do que a do fóton incidente, devido à conservação da quantidade de movimento.
- (D) Se o ângulo  $\theta$  é igual a  $60^\circ$ , a variação no comprimento de onda do fóton é menor se a partícula for um elétron do que se a partícula for um próton.
- (E) Um fóton que emergiu perpendicularmente à sua direção inicial não sofreu mudança em sua frequência.

**Resolução:** alternativa B.

Quanto maior o comprimento de onda, menor a frequência e vice-versa.

$$v = \lambda \uparrow \times f \downarrow \quad \text{ou} \quad v = \lambda \downarrow \times f \uparrow$$

De acordo com a equação dada, vem:

$$\lambda' = \lambda_0 + \frac{\alpha}{m}(1 - \cos \theta)$$

$$\theta = 180^\circ \Rightarrow \lambda' = \lambda_0 + \frac{\alpha}{m} (1 - \cos 180^\circ)$$

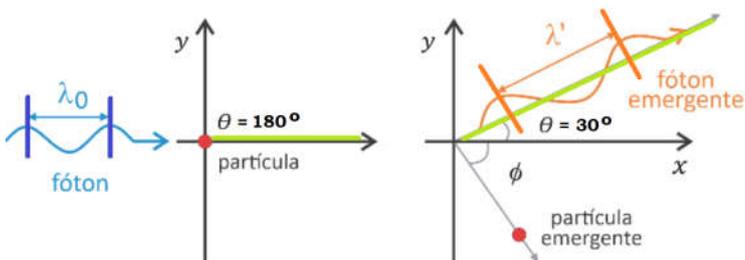
$$\lambda'_{180^\circ} = \lambda_0 + \frac{\alpha}{m} (1 - 1) \Rightarrow \lambda'_{180^\circ} = \lambda_0$$

$$\theta = 30^\circ \Rightarrow \lambda' = \lambda_0 + \frac{\alpha}{m} (1 - \cos 30^\circ)$$

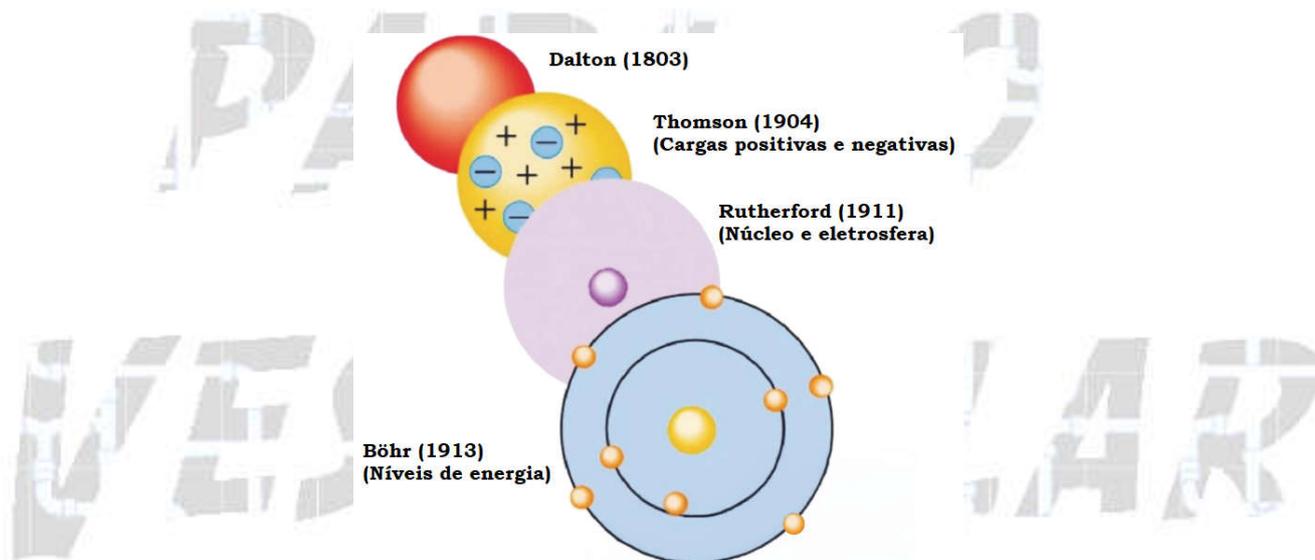
$$\lambda'_{30^\circ} = \lambda_0 + \frac{\alpha}{m} \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) \Rightarrow \lambda'_{30^\circ} = \lambda_0 + 0,13 \frac{\alpha}{m}$$

$$\lambda'_{30^\circ} > \lambda'_{180^\circ} \Rightarrow f_{30^\circ} < f_{180^\circ}$$

Observe:



2. A figura a seguir apresenta a evolução dos modelos atômicos, desde o primeiro, proposto por Dalton em 1803, até o de Bohr, proposto em 1913.



Sobre os quatro modelos atômicos apresentados, é correto afirmar:

- (A) Todos os modelos previram a presença de cargas positivas no núcleo atômico.
- (B) O modelo proposto por Thomson, por prever a existência de nêutrons, não poderia explicar a radiação alfa ( $\alpha$ ).
- (C) Diferentemente do modelo de Dalton, o modelo de Rutherford não explica a estrutura de cátions e ânions.
- (D) Apenas o modelo de Bohr, com o advento de balanças de precisão, considerou a diferença de massa entre os elementos.
- (E) Elementos radioativos não poderiam ser explicados pelo modelo proposto por Dalton.

**Resolução:** alternativa E.

Elementos radioativos não poderiam ser explicados pelo modelo proposto por Dalton. Pois, de acordo com este modelo o átomo seria indivisível.

Observe as proposições de John Dalton:

- 1) Toda a matéria é formada por unidades fundamentais chamadas átomos.
- 2) Os átomos são perpétuos e indivisíveis, não podem ser criados, nem destruídos.
- 3) Os átomos de um determinado elemento químico são idênticos em todas as suas propriedades. Átomos de elementos químicos diferentes têm propriedades diferentes.
- 4) Uma alteração química (ou reação química) é uma combinação, separação ou rearranjo de átomos.
- 5) Os compostos químicos são constituídos de átomos de elementos químicos diferentes numa proporção fixa.

**3.** Baterias íon-lítio (íon-Li) armazenam energia por meio de um processo de intercalação iônica, no qual íons  $\text{Li}^+$  penetram e se acomodam entre camadas de grafite no ânodo da bateria.

A quantidade de energia armazenada é diretamente proporcional ao número de íons  $\text{Li}^+$  intercalados no ânodo, que, entre outros aspectos, é limitado pelo espaço disponível para a sua alocação. Uma recente inovação tecnológica em baterias é a substituição de Li por Na, formando baterias íon-sódio (íon-Na). O mecanismo de funcionamento se baseia no processo de intercalação, com a vantagem de que o Na é mais abundante do que o Li no planeta.

Considerando que a única diferença entre baterias de mesma massa e volume seja o íon utilizado ( $\text{Na}^+$  ou  $\text{Li}^+$ ) e que a densidade de energia é a quantidade de energia armazenada na bateria por unidade de massa e volume, é correto afirmar que a densidade de energia de uma bateria íon-Na é

- (A) maior do que de uma bateria íon-Li, pois o  $\text{Na}^+$  tem maior massa e menor raio iônico do que o  $\text{Li}^+$ .
- (B) menor do que de uma bateria íon-Li, pois o  $\text{Na}^+$  tem maior massa e maior raio iônico do que o  $\text{Li}^+$ .
- (C) maior do que de uma bateria íon-Li, pois o  $\text{Na}^+$  tem menor massa e maior raio iônico do que o  $\text{Li}^+$ .
- (D) menor do que de uma bateria íon-Li, pois o  $\text{Na}^+$  tem menor massa e menor raio iônico do que o  $\text{Li}^+$ .
- (E) igual à de uma bateria íon-Li, pois ambos os íons são monovalentes.

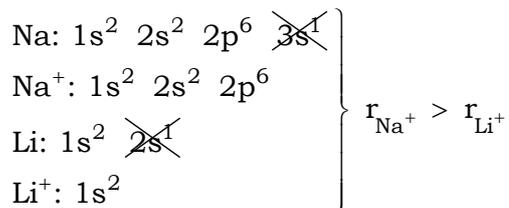
Note e adote:

Distribuição eletrônica:  $\text{Li} = 1s^2, 2s^1$ ;  $\text{Na} = 1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ .

Massa atômica (u):  $\text{Li} = 7$ ;  $\text{Na} = 23$ .

**Resolução:** alternativa B.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Na} = 23 \text{ u} \\ \text{Li} = 7 \text{ u} \end{array} \right\} 23 \text{ u} > 7 \text{ u}$$



De acordo com o texto do enunciado, a quantidade de energia armazenada é diretamente proporcional ao número de íons intercalados no ânodo, que, entre outros aspectos, é limitado pelo espaço disponível para a sua alocação. Já a densidade de energia é a quantidade de energia armazenada na bateria por unidade de massa e volume. Quanto maior a massa e maior o raio iônico (consequentemente o volume iônico), menor a quantidade de íons intercalados pelo grafite e menor a densidade eletrônica.

4. Na zona sul da cidade de São Paulo, há uma esquina formada pelas ruas Cloreto de Sódio e Relíquia do Oceano.



A coincidência do encontro dessas ruas chama a atenção, pois o cloreto de sódio

- (A) praticamente não está presente no oceano, apesar de este ser salgado.
- (B) é insolúvel na água do oceano por apresentar ligação iônica.
- (C) utilizado no Brasil é quase todo proveniente do oceano.
- (D) obtido do oceano apresenta ligação covalente, enquanto o extraído do sal-gema, ligação iônica.
- (E) retirado do oceano tem mais átomos de cloro ligados ao sódio do que o oriundo de outras fontes.

**Resolução:** alternativa C.

- (A) Incorreto. O cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) é o sal mais abundante no oceano terrestre.
- (B) Incorreto. Cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) ligados aos íons do grupo 1 da tabela periódica (ou família IA), como o cátion sódio ( $\text{Na}^+$ ), são solúveis em água.
- (C) Correto. O cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) utilizado no Brasil é quase todo proveniente do oceano por intermédio do processo de evaporação.
- (D) Incorreto. O cloreto de sódio ( $[\text{Na}^+][\text{Cl}^-]$ ) obtido do oceano ou sal-gema (cristalizado no subsolo) apresenta ligação iônica entre os cátions sódio ( $\text{Na}^+$ ) e ânions cloreto ( $\text{Cl}^-$ ).
- (E) Incorreto. A proporção entre cátions sódio ( $\text{Na}^+$ ) e ânions cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) é a mesma nos casos especificados na alternativa.

**5. (Interdisciplinar)** O fenômeno físico conhecido como iridescência ocorre nas asas de certas espécies de borboletas e caracteriza-se pela variação das cores de acordo com o ângulo de observação. A existência de faixas coloridas na superfície das asas das borboletas ocorre devido a diferentes formas de superposição entre raios luminosos refletidos por uma fina camada de substância transparente existente na superfície das asas.



Disponível em <https://www.pbs.org/wgbh/>.

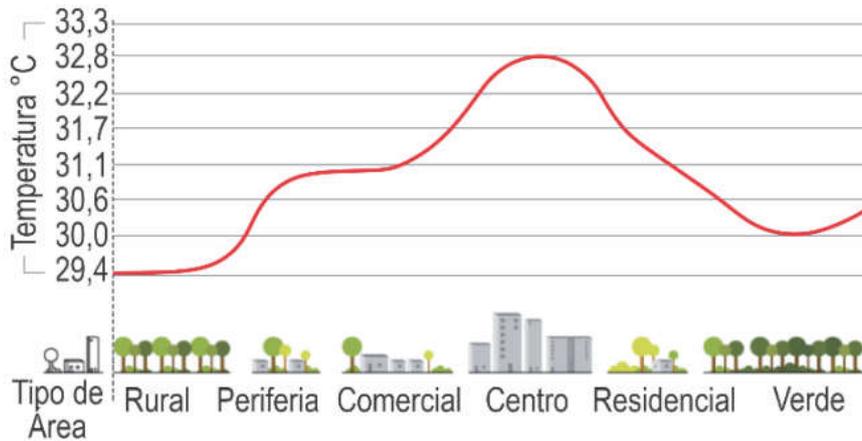
Os fenômenos físicos diretamente relacionados com a iridescência são

- (A) dilatação e reflexão.
- (B) interferência e dilatação.
- (C) dissipação e difração.
- (D) convecção e dispersão.
- (E) reflexão e interferência.

**Resolução:** alternativa E.

Uma superfície iridescente “separa” a luz em diversos comprimentos de onda que correspondem a cores específicas. Neste processo ocorre reflexão, refração (dispersão) e interferência. Conseqüentemente algumas frequências de ondas eletromagnéticas são alteradas ou anuladas.

6. (Interdisciplinar) A figura a seguir representa a variação espacial da temperatura do ar por tipo de área, considerando diferentes padrões de uso e ocupação do solo de um município.



Revista Pesquisa FAPESP – Setembro/2023 (Adaptado).

A explicação para as características desse perfil de temperatura do ar deve-se

(A) à maior ocorrência de áreas verdes nas periferias, que absorvem mais radiação solar e aquecem o ambiente, ultrapassando os 32 °C.

(B) à maior absorção de radiação solar nas áreas centrais das cidades, compostas em sua maioria por asfalto, vidro e concreto.

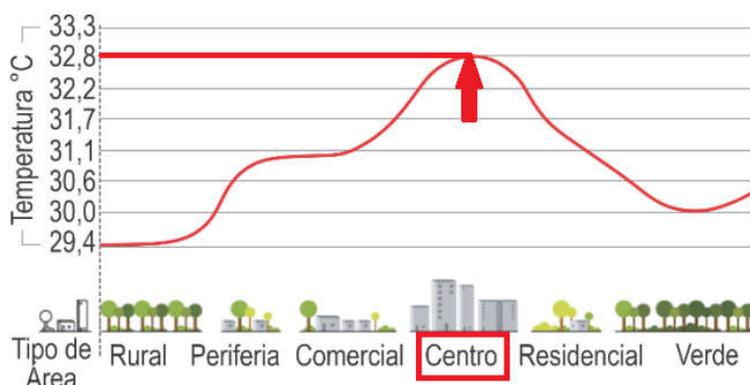
(C) ao efeito de sombreamento dos edifícios nas áreas centrais, com maior disponibilidade de radiação solar e temperaturas inferiores a 30 °C.

(D) à presença de áreas comerciais e residenciais ao longo de todo perfil, que elevam a temperatura acima dos 32 °C e reduzem a umidade.

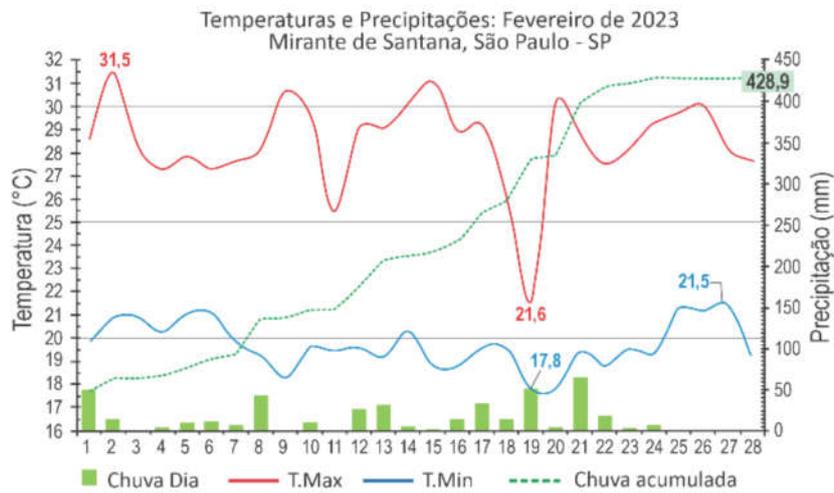
(E) à maior reflexão da radiação solar nas áreas centrais pelo asfalto, por apresentarem albedo menor que as superfícies vegetadas.

**Resolução:** alternativa B.

A explicação para as características desse perfil de temperatura do ar deve-se à maior absorção de radiação solar nas áreas centrais das cidades, compostas em sua maioria por asfalto, vidro e concreto que têm maior capacidade de absorção e reflexão de calor do que a terra e a vegetação presentes em outras regiões.



7. (Interdisciplinar) A Estação Meteorológica Mirante de Santana é a principal referência do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no município de São Paulo - SP. O climograma a seguir apresenta dados referentes ao mês de fevereiro de 2023. Neste mesmo mês, o Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas detectou 11 pontos de alagamentos no dia 19 e 14 pontos no dia 21.



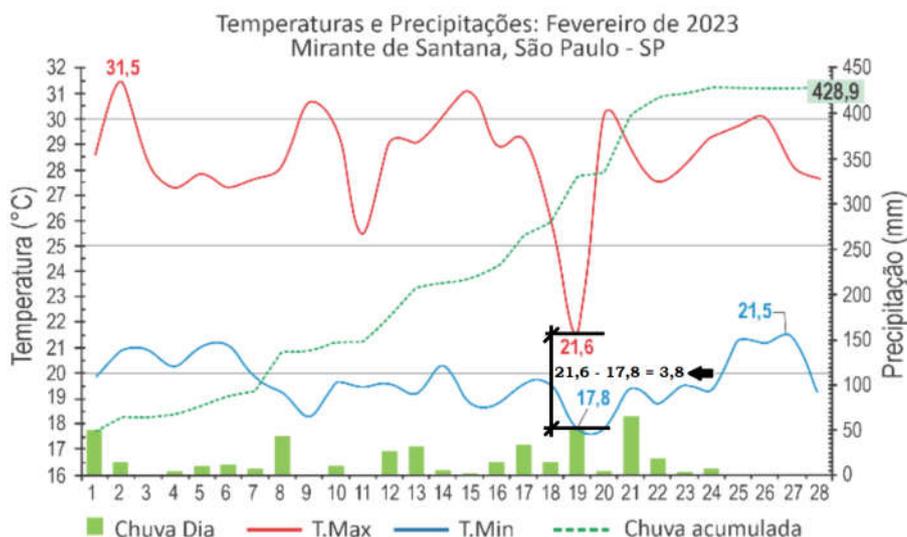
Disponível em <https://portal.inmet.gov.br/noticias/> (Adaptado).

Com base no texto e no gráfico, assinale a alternativa correta.

- (A) A menor amplitude térmica ocorreu no dia 19, quando foi observado um dos maiores volumes de chuva do mês.
- (B) Os quatro dias mais chuvosos apresentaram as menores temperaturas mínimas.
- (C) A temperatura máxima no período variou entre 21,5 °C e 17,8 °C.
- (D) Os cinco dias mais quentes correspondem às maiores precipitações.
- (E) Os pontos de alagamento nos dias 19 e 21 foram provocados pela chuva acumulada de 428,9 mm.

**Resolução:** alternativa A.

Com base no texto e no gráfico, a menor amplitude térmica (3,8 °C) ocorreu no dia 19, quando foi observado um dos maiores volumes de chuva do mês.



8. O processo de mumificação usado pelos egípcios começava com a retirada dos órgãos e desidratação do corpo utilizando uma mistura natural, obtida em leite de lagos, de sais solúveis de sódio, como carbonato, hidrogenocarbonato, cloreto e sulfato. Após a desidratação, o corpo era preenchido com uma mistura de serragem e ervas aromáticas como canela, cássia, mirra e até mesmo cebola, que, por conterem alcoóis e aldeídos com propriedades antimicrobianas, dificultavam a decomposição do corpo. Por fim, o corpo era envolvido em tecido embebido em resinas insolúveis em água, como betume ou óleo de cedro, que, após seco, formava uma camada impermeabilizante.

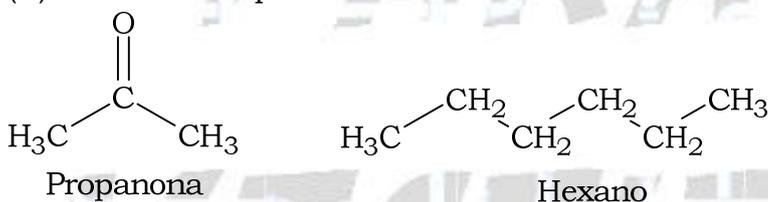
A partir dessas informações, assinale a alternativa correta.

- (A) Os sais de sódio mencionados, por serem hidrofílicos, repelem a água.
- (B) Propanona e hexano são exemplos de alcoóis e aldeídos antimicrobianos.
- (C) Assim como o betume e óleo de cedro, qualquer outro composto orgânico serviria como impermeabilizante.
- (D) Todo sal iônico poderia ser utilizado em substituição aos sais de sódio mencionados.
- (E) A impermeabilidade conferida pelas resinas se deve às suas características apolares ou muito pouco polares.

**Resolução:** alternativa E.

(A) Incorreta. Sais (compostos iônicos) formados por cátions do grupo 1 ou família IA da tabela periódica são solúveis em água. Ou seja, estes sais são hidrofílicos (têm afinidade por água).

(B) Incorreta. Propanona é uma cetona e hexano é um hidrocarboneto.



(C) Incorreta. Apenas compostos orgânicos predominantemente apolares e impermeabilizantes poderiam ser utilizados para embeber o tecido utilizado no revestimento da múmia.

(D) Incorreta. Apenas sais iônicos solúveis em água poderiam ser utilizados em substituição aos sais de sódio mencionados.

(E) Correta. A impermeabilidade conferida pelas resinas se deve às suas características apolares ou muito pouco polares. Ou seja, características hidrofóbicas.

9. Em países frios, é comum o uso de pequenos aquecedores de mãos, normalmente descartáveis, que podem ser colocados dentro de luvas. Uma alternativa mais sustentável é o aquecedor de mão reutilizável, que é constituído por uma solução aquosa supersaturada de acetato de sódio armazenada em um reservatório maleável, conforme mostrado na figura a seguir.



Um choque mecânico nesse reservatório perturba a solução supersaturada e leva à precipitação do sal, resultando no seu aquecimento. Após o uso, o aquecedor pode ser regenerado por imersão em água quente, que dissolve o sal, deixando-o pronto para ser reutilizado.

Em relação à operação desse aquecedor, é correto afirmar:

- (A) A precipitação do acetato de sódio é exotérmica e sua solubilização é endotérmica.
- (B) A diminuição da temperatura aumenta a solubilidade do acetato de sódio.
- (C) A solubilização do acetato de sódio para a regeneração do aquecedor libera energia, aquecendo o banho de água.
- (D) Quando o aquecedor é regenerado, a solução interna passa de supersaturada para uma solução diluída.
- (E) A concentração de acetato de sódio na solução dentro do reservatório não muda durante a regeneração do aquecedor.

**Resolução:** alternativa A.

De acordo com o texto do enunciado, um choque mecânico nesse reservatório perturba a solução supersaturada e leva à precipitação do sal, resultando no seu aquecimento, ou seja, o processo de cristalização do sal libera energia (processo exotérmico).

Após o uso, o aquecedor pode ser regenerado por imersão em água quente, que dissolve o sal, ou seja, é necessário ocorrer absorção de energia no processo de dissolução ou solubilização do sal (processo endotérmico).

10. A toxicidade do Pb e o risco de sua ingestão ganharam notoriedade na mídia devido à presença desse elemento em copos térmicos amplamente comercializados. A exposição ao Pb, no entanto, pode ocorrer também por fontes naturais, como a ingestão de água em contato prolongado com minérios como a anglesita, rico em  $\text{PbSO}_4$  ( $K_{ps} = 1,0 \times 10^{-8}$ ).

Sabendo que a legislação estabelece a concentração máxima de Pb de 0,01 mg/L para água potável, assinale a alternativa correta em relação à ingestão de água que tenha contato prolongado com a anglesita.

(A) Não é segura, pois a concentração de Pb na água será de  $2,07 \times 10^1$  mg/L, maior que o valor permitido.

(B) É segura, pois a concentração de Pb na água será de  $1 \times 10^{-4}$  mg/L, menor que o valor permitido.

(C) Não é segura, pois a concentração de Pb na água será de  $1 \times 10^{-8}$  mg/L, menor que o valor permitido.

(D) É segura, pois a concentração de Pb na água será de  $1 \times 10^{-2}$  mg/L, igual ao valor permitido.

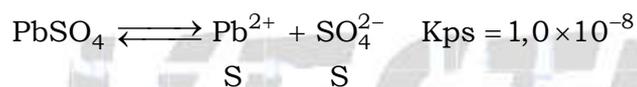
(E) É segura, pois a concentração de Pb na água será de  $2,07 \times 10^{-6}$  mg/L, maior que o valor permitido.

Note e adote:

Massa molar (g/mol): Pb = 207

**Resolução:** alternativa A.

A partir da análise do  $K_{ps}$ , vem:



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

$$1,0 \times 10^{-8} = S \times S \Rightarrow S^2 = 1,0 \times 10^{-8} \Rightarrow S = \sqrt{1,0 \times 10^{-8}}$$

$$S = [\text{Pb}^{2+}] = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$M_{\text{Pb}^{2+}} = 207 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}; \quad C_{\text{Pb}^{2+}} = [\text{Pb}^{2+}] \times M_{\text{Pb}^{2+}}$$

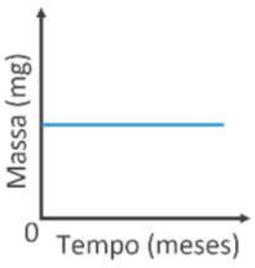
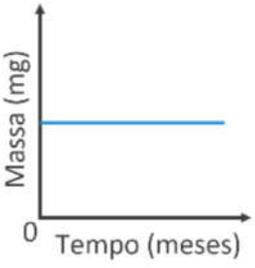
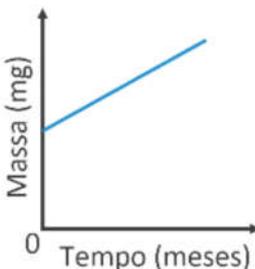
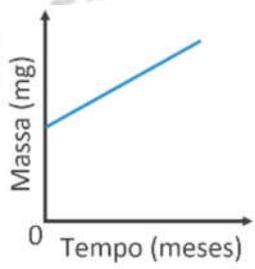
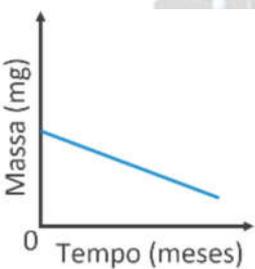
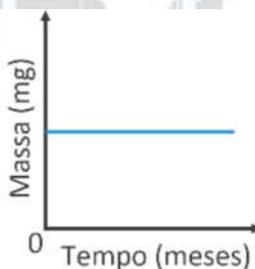
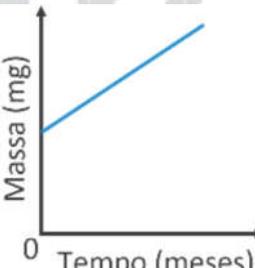
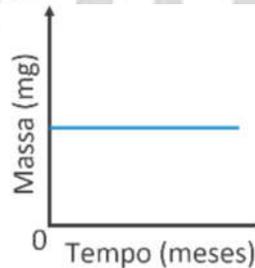
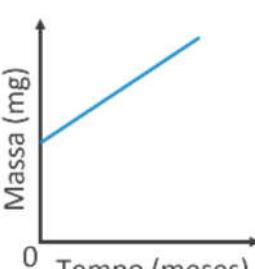
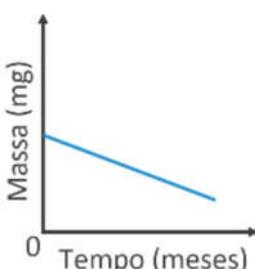
$$C_{\text{Pb}^{2+}} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 207 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 207 \times 10^{-1} \times \underbrace{10^{-3}}_{\text{m}} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$C_{\text{Pb}^{2+}} = 2,07 \times 10^1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow C_{\text{Pb}^{2+}} = 20,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$20,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} > \underbrace{0,01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}}_{\substack{\text{Concentração} \\ \text{máxima (legislação)}}$$

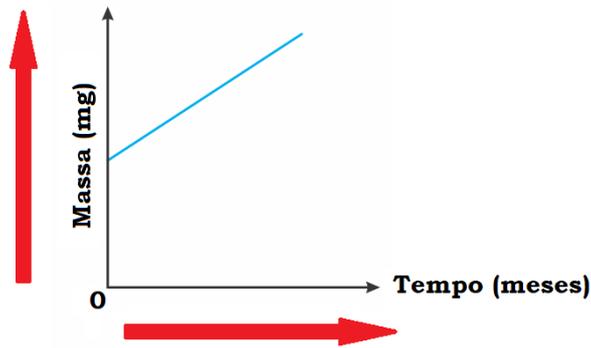
Conclusão: a ingestão de água que tenha contato prolongado com a anglesita não é segura, pois a concentração de  $\text{Pb}^{2+}$  na água será de  $2,07 \times 10^1$  mg/L ( $20,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), maior que o valor permitido ( $0,01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ).

11. As massas de duas barras, uma de ferro e outra de aço inoxidável, armazenadas em um mesmo ambiente úmido e na presença de oxigênio, foram monitoradas ao longo do tempo. Assinale a alternativa que representa a variação das massas de ambas as barras ao longo do tempo.

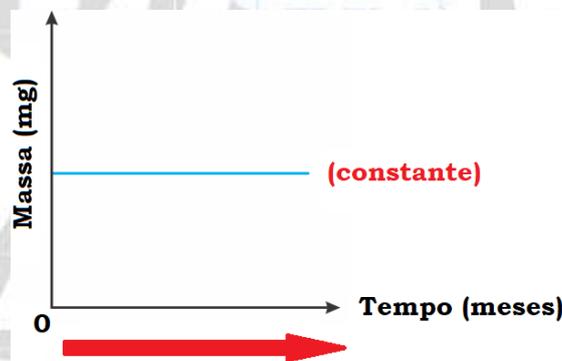
(A)		
(B)		
(C)		
(D)		
(E)		

**Resolução:** alternativa D.

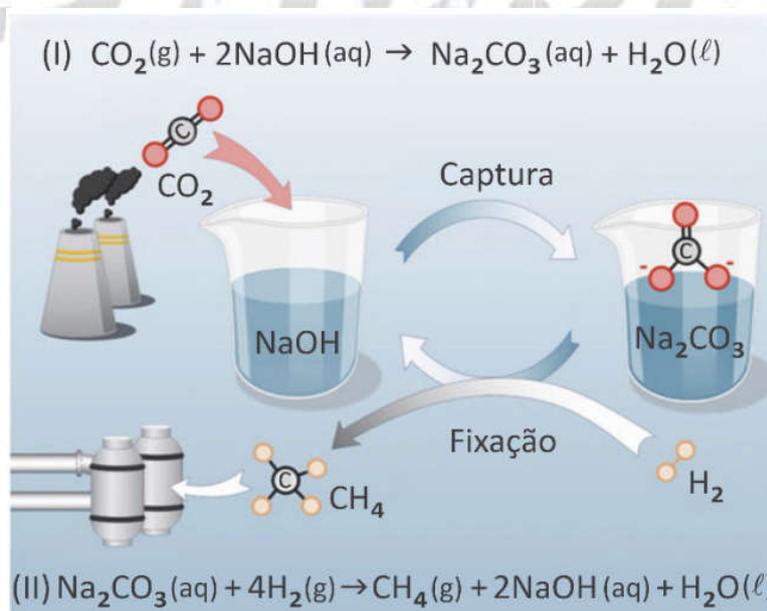
Na superfície da barra de ferro ocorre a formação de ferrugem, já que o ambiente é úmido. Conseqüentemente, sua massa aumenta com o passar dos meses.



Devido à camada de proteção (passivadora) formada, principalmente por óxidos de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), presentes no aço inoxidável, a massa da barra permanece constante, pois, não sofre corrosão.



**12.** A utilização de matrizes energéticas limpas, tais como aquelas que não aumentam a concentração de  $\text{CO}_2(\text{g})$  na atmosfera, é essencial para evitar a escalada das alterações climáticas causadas pela emissão de gases de efeito estufa. Considere a proposta apresentada na figura a seguir para a produção de uma matriz energética limpa.



(I) Capturar o  $\text{CO}_2(\text{g})$  atmosférico utilizando  $\text{NaOH}(\text{aq})$  para formar  $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ . (II) Tratar essa solução, na presença de um catalisador, com  $\text{H}_2(\text{g})$  oriundo de fontes renováveis, para gerar  $\text{CH}_4(\text{g})$ , um gás combustível.

Com base nessas informações e em seus conhecimentos, assinale a alternativa correta.

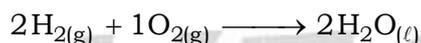
- (A) O catalisador participa da reação de produção de metano e se decompõe em  $\text{NaOH}$ .  
 (B) A combustão do  $\text{CH}_4$  não emite  $\text{CO}_2$ , motivo pelo qual a proposta se configura como uma matriz energética limpa.  
 (C) A proposta não representa uma matriz energética limpa, pois a combustão completa de 1 mol de  $\text{CH}_4$  emite mais  $\text{CO}_2$  do que o que é utilizado para a sua síntese.  
 (D) A retirada de  $\text{CO}_2$  da atmosfera seria maior se a proposta de usar uma matriz energética limpa se resumisse unicamente em utilizar o  $\text{H}_2$  como combustível.  
 (E) Em relação ao ciclo do carbono, a proposta é semelhante ao uso do etanol como combustível veicular.

**Resolução:** alternativa E.

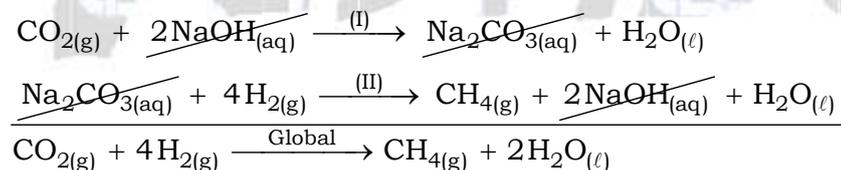
- (A) Incorreta.  $\text{NaOH}$  é um reagente necessário à formação do produto intermediário ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).  
 (B) Incorreta. A combustão do  $\text{CH}_4$  (metano) emite  $\text{CO}_2$ .



- (C) Incorreta. A proposta representa uma matriz energética limpa, pois a combustão completa de 1 mol de  $\text{CH}_4$  emite 1 mol de  $\text{CO}_2$ , quantidade utilizada em sua síntese.  
 (D) Incorreta. A utilização de  $\text{H}_2$  (gás hidrogênio) como combustível gera água. O contexto da proposta é a reutilização do  $\text{CO}_2$ .

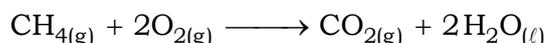


- (E) Correta. De acordo com o esquema fornecido na figura do enunciado para as equações (I) e (II), vem:



Percebe-se que um mol de  $\text{CO}_2$  (gás carbônico) é convertido em um mol de  $\text{CH}_4$  (metano).

Posteriormente, o gás metano pode ser queimado (sofrer combustão) e repor, novamente, um mol de gás carbônico (a mesma quantidade).



Conclusão: em relação ao ciclo do carbono, a proposta é semelhante ao uso do etanol como combustível veicular. Pois, o  $\text{CO}_2$  lançado na atmosfera (no processo de combustão) pode ser reutilizado.

13. Alguns motores de foguetes espaciais usam metano como combustível e oxigênio como comburente. Ambos os compostos são armazenados em estado líquido no próprio foguete, o que permite o seu armazenamento em maior quantidade do que se estivessem no estado gasoso. Sabe-se que o foguete armazena um volume de oxigênio líquido 1,5 vez maior do que de metano líquido e que ambos são completamente consumidos na combustão, conforme a equação  $\text{CH}_4(\ell) + 2 \text{O}_2(\ell) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ .

Nessas condições, é correto afirmar que a razão entre a densidade do metano líquido e a densidade do oxigênio líquido é igual a

- (A) 0,186.
- (B) 0,375.
- (C) 0,75.
- (D) 1,5.
- (E) 3.

Note e adote:

Massa molar (g/mol): H = 1; C = 12; O = 16

**Resolução:** alternativa B.

$$\text{CH}_4 = 1 \times 12 + 4 \times 1 = 16; \text{O}_2 = 2 \times 16 = 32$$

$$V_{\text{O}_2(\ell)} = 1,5 \times V_{\text{CH}_4(\ell)}$$



$$\frac{16 \text{ g}}{V_{\text{CH}_4(\ell)}} : \frac{2 \times 32 \text{ g}}{V_{\text{O}_2(\ell)}}$$

$$\frac{16 \text{ g}}{d_{\text{CH}_4(\ell)}} : \frac{64 \text{ g}}{d_{\text{O}_2(\ell)}}$$

Então:

$$\frac{16 \text{ g}}{V_{\text{CH}_4(\ell)}} : \frac{64 \text{ g}}{1,5 \times V_{\text{CH}_4(\ell)}}$$

$$d_{\text{CH}_4(\ell)} = \frac{16 \text{ g}}{V_{\text{CH}_4(\ell)}}$$

$$d_{\text{O}_2(\ell)} = \frac{64 \text{ g}}{1,5 \times V_{\text{CH}_4(\ell)}}$$

$$\frac{d_{\text{CH}_4(\ell)}}{d_{\text{O}_2(\ell)}} = \frac{16 \text{ g} \times 1,5}{64 \text{ g}} \Rightarrow \frac{d_{\text{CH}_4(\ell)}}{d_{\text{O}_2(\ell)}} = 0,375$$

**14. Da moenda para a célula a combustível: caldo de cana é usado para produzir energia elétrica**

“Pesquisadores do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), órgão associado à USP, testaram o uso de caldo de cana para gerar energia elétrica em células a combustível. O processo dispensa a transformação do caldo *in natura* em etanol, feita nas usinas de álcool, impedindo a formação de resíduos nocivos ao meio ambiente. Após o êxito dos experimentos em laboratório, os cientistas vão desenvolver a aplicação da técnica em escala industrial. ‘A célula a combustível tem o mesmo princípio de funcionamento de uma pilha. A diferença é que o combustível serve como reagente para ser consumido e gerar eletricidade’, explica o pesquisador do Ipen, Almir Oliveira Neto, que coordenou a pesquisa. ‘No dispositivo que foi desenvolvido na pesquisa, a oxidação do caldo de cana acontece no ânodo e a redução de oxigênio no cátodo. O objetivo do experimento era obter energia da biomassa com o mínimo impacto ambiental possível. Para isso, utilizou-se o caldo de cana em uma célula a combustível para gerar energia elétrica’, diz o pesquisador. ‘O uso do caldo de cana direto evita a formação de vinhaça, um resíduo ambientalmente perigoso decorrente da produção de etanol, contribuindo, assim, para a preservação do meio ambiente’.”

Disponível em <https://jornal.usp.br/ciencias/> (Adaptado).

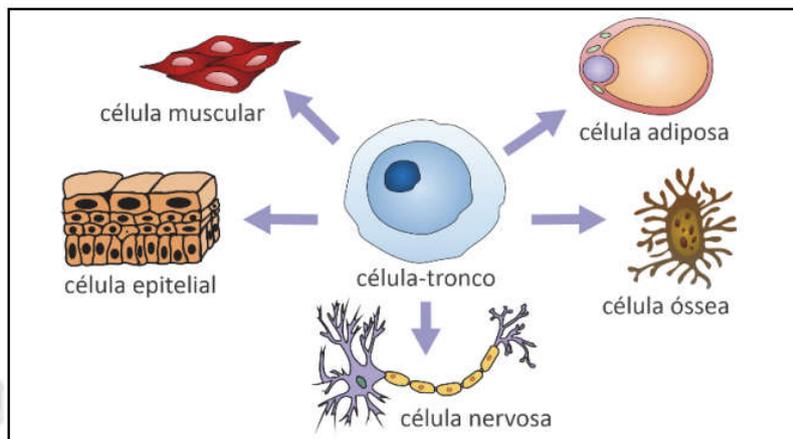
De acordo com o texto, a pesquisa com caldo de cana apresentou resultados promissores em relação à sustentabilidade ambiental, porque

- (A) o caldo *in natura* é obtido com facilidade, demandando somente a utilização das moendas, o que barateia os custos do processo.
- (B) a energia elétrica proveniente da célula a combustível é considerada limpa, já que esse dispositivo dispensa o uso de pilhas, cujo descarte constitui um problema ambiental.
- (C) a vinhaça, resíduo danoso ao meio ambiente, deixa de ser produzida ao se evitar a transformação do caldo de cana em álcool.
- (D) a célula a combustível se destaca pela economia energética gerada ao funcionar como uma pilha, reduzindo a quantidade de caldo de cana utilizada.
- (E) o Ipen não produz o caldo de cana em escala industrial, o que diminui a produção da vinhaça poluidora do meio ambiente.

**Resolução:** alternativa C.

De acordo com o texto, no dispositivo que foi desenvolvido na pesquisa, a oxidação do caldo de cana acontece no ânodo e a redução de oxigênio no cátodo. O uso do caldo de cana direto (em uma célula a combustível) evita a formação de vinhaça (resíduo da destilação fracionada do caldo de cana-de-açúcar fermentado), um resíduo ambientalmente perigoso decorrente da produção de etanol, contribuindo, assim, para a preservação do meio ambiente.

**15. (Interdisciplinar)** Pesquisas e terapias com células-tronco têm se mostrado cada vez mais promissoras pela possibilidade de seu uso no tratamento de diferentes tipos de doenças, como câncer e doenças degenerativas. As células-tronco podem se diferenciar em células especializadas, conforme exemplificado a seguir.



Disponível em <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/> (Adaptado).

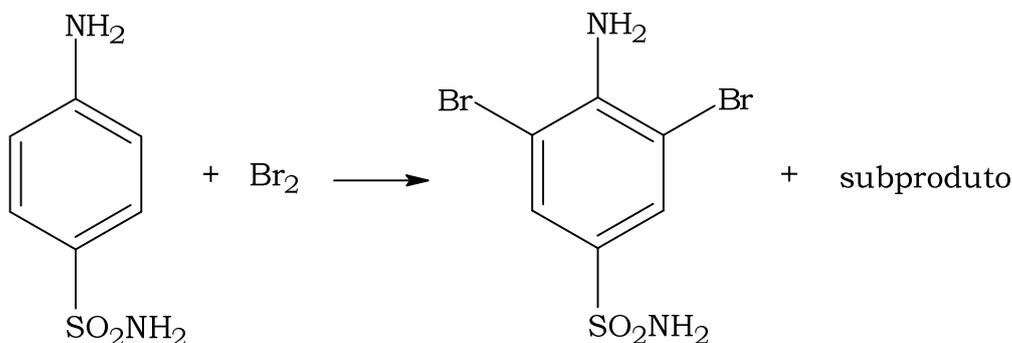
As células especializadas que derivam de uma mesma célula tronco possuem os(as) mesmos(as)

- (A) genes.
- (B) RNAs.
- (C) proteínas.
- (D) lipídeos.
- (E) organelas.

**Resolução:** alternativa A.

As células especializadas, que derivam de uma mesma célula tronco, possuem os mesmos genes, pois neste processo ocorrem sucessivas mitoses. A diferenciação ocorre posteriormente.

**16.** A reação do antibiótico sulfanilamida com halogênios leva à reação de substituição com o halogênio em duas posições distintas do anel aromático, como representado na equação não balanceada a seguir.



Em um experimento, 1 L de uma solução de sulfanilamida de pH 5 reagiu com Br<sub>2</sub> em excesso, obtendo-se pH 4 após reação total. Considerando que o volume se manteve inalterado após a adição do halogênio, quantos mols de sulfanilamida reagiram com bromo?

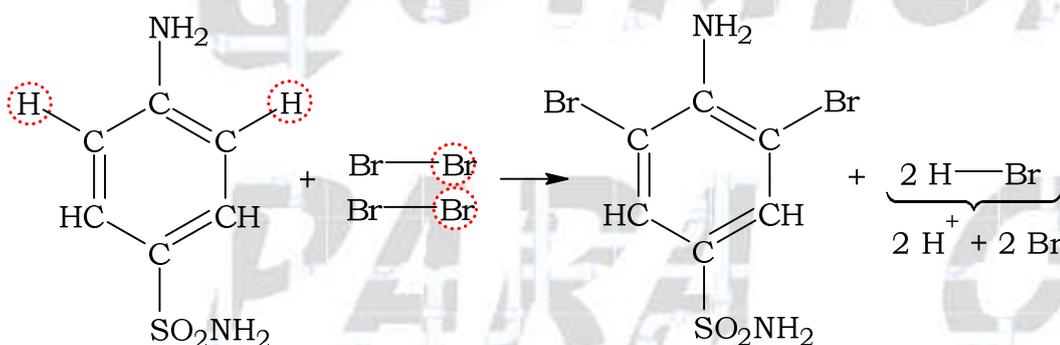
- (A)  $4,5 \times 10^{-5}$   
 (B)  $9,0 \times 10^{-5}$   
 (C)  $1,0 \times 10^{-4}$   
 (D)  $5,0 \times 10^{-2}$   
 (E)  $1,0 \times 10^{-1}$

**Resolução:** alternativa A.

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

$$pH = 5 \Rightarrow [H^+] = 1,0 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ (início)}$$

$$pH = 4 \Rightarrow [H^+] = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ (final)}$$



Em 1 L (início):

$$1 \text{ mol (sulfanilamida)} \text{ — } 2 \text{ mol } H^+$$

$$0,5 \times 10^{-5} \text{ mol (sulfanilamida)} \text{ — } 1,0 \times 10^{-5} \text{ mol } H^+$$

Analogamente:

Em 1 L (final):

$$1 \text{ mol (sulfanilamida)} \text{ — } 2 \text{ mol } H^+$$

$$0,5 \times 10^{-4} \text{ mol (sulfanilamida)} \text{ — } 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol } H^+$$

Comparando as situações em pH 4 (final) e pH 5 (início) para a sulfanilamida, vem:

$$n_{\text{reagiram}} = 0,5 \times 10^{-4} \text{ mol} - 0,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n_{\text{reagiram}} = 5 \times 10^{-5} \text{ mol} - 0,5 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n_{\text{reagiram}} = 4,5 \times 10^{-5} \text{ mol (sulfanilamida)}$$

TEXTO PARA AS QUESTÕES 17 E 18

Um artigo publicado em 2018, na Revista Brasileira de Ensino de Física, reporta um curioso estudo sobre a pressão interna de “foguetes de garrafa PET”, propulsionados a partir da reação química entre ácido acético e bicarbonato de sódio.<sup>[1]</sup>

Uma mistura de vinagre (que contém ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) com bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) produz gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) por meio da reação química representada pela seguinte equação:  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .



A reação ocorre no interior de uma garrafa PET de 2 L de volume útil total, da qual foi retirado todo o ar. Insere-se na garrafa um volume inicial  $V_{vin}$  de vinagre líquido e bicarbonato de sódio, sendo a garrafa posteriormente selada com uma tampa acoplada a um manômetro. A reação produzirá gás carbônico que ocupará um volume  $V_{\text{CO}_2}$  e exercerá uma pressão  $P_{\text{CO}_2}$  sobre a tampa da garrafa, medida pelo manômetro, como mostra a figura.

[1] FONSECA et al, RBEF, vol. 40, nº 3, e3504 (2018). Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0340>.

**17. (Interdisciplinar)** Suponha que a reação produza 2 mols de  $\text{CO}_2$  para cada 3 litros de vinagre. Nas condições do experimento, em que o volume de líquido é  $1/3$  de litro à temperatura  $T = 300 \text{ K}$ , a pressão  $P_{\text{CO}_2}$  medida pelo manômetro será por volta de

- (A) 3,2 atm.
- (B) 4,1 atm.
- (C) 6,2 atm.
- (D) 9,0 atm.
- (E) 12 atm.

Note e adote:

Considere o  $\text{CO}_2$  como um gás ideal.

Constante dos gases ideais:  $R = 0,08 \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ .

Assuma que todo o ácido acético do vinagre reagiu com o bicarbonato de sódio e que o líquido resultante da reação ocupa aproximadamente o mesmo volume do vinagre antes da reação ( $V_{vin}$ ).

**Resolução:** alternativa A.

A reação ocorre no interior de uma garrafa PET de 2 L de volume útil total e nas condições do experimento, o volume de líquido é  $1/3$  de litro à temperatura  $T = 300 \text{ K}$ .

Então:

$$V_{\text{CO}_2} = V_{(\text{garrafa PET})} - V_{(\text{líquido})}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 2 \text{ L} - \frac{1}{3} \text{ L} \Rightarrow V_{\text{CO}_2} = \frac{6}{3} \text{ L} - \frac{1}{3} \text{ L}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{5}{3} \text{ L}$$

Supondo que a reação produza 2 mols de  $\text{CO}_2$  para cada 3 litros de vinagre, vem:

$$2 \text{ mol} \text{ --- } 3 \text{ L}$$

$$n_{\text{CO}_2} \text{ --- } \frac{1}{3} \text{ L}$$

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{2 \text{ mol} \times \left(\frac{1}{3}\right) \text{ L}}{3 \text{ L}} \Rightarrow n_{\text{CO}_2} = \frac{2}{9} \text{ mol}$$

Aplicando a equação do estado para um gás ideal (Clapeyron), teremos:

$$R = 0,08 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$P_{\text{CO}_2} \times V_{\text{CO}_2} = n_{\text{CO}_2} \times R \times T$$

$$P_{\text{CO}_2} \times \frac{5}{3} \text{ L} = \frac{2}{9} \text{ mol} \times 0,08 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K}$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{2}{9} \text{ mol} \times 0,08 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K} \times \frac{3}{5 \text{ L}}$$

$$P_{\text{CO}_2} = 3,2 \text{ atm}$$

**18. (Interdisciplinar)** Considere agora um outro experimento feito em condições semelhantes, em que o manômetro indica uma pressão de 5 atm e, sem que a pressão no interior da garrafa se altere, ele é cuidadosamente substituído por uma rolha de 10 g de massa e 2 cm de diâmetro (igual ao diâmetro interno do bocal da garrafa). Logo após a rolha ser encaixada no local, ela é expelida devido à pressão interna da garrafa ser maior que a pressão atmosférica.

A aceleração da rolha no momento em que ela é expelida é de, aproximadamente,

- (A) 12 m/s<sup>2</sup>.
- (B) 120 m/s<sup>2</sup>.
- (C) 1200 m/s<sup>2</sup>.
- (D) 12000 m/s<sup>2</sup>.
- (E) 120000 m/s<sup>2</sup>.

Note e adote:

Assuma que a pressão atmosférica seja de 1 atm = 10<sup>5</sup> Pa.

Utilize  $\pi = 3$ .

Considere que as forças relevantes atuando sobre a rolha no momento em que é expelida são apenas aquelas relativas à diferença de pressão entre os seus lados interno e externo.

**Resolução:** alternativa D.

$$d_{\text{rolha}} = 2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$r_{\text{rolha}} = \frac{d_{\text{rolha}}}{2}; \quad \pi = 3$$

$$A_{\text{rolha}} = \pi \times r^2 = \pi \times \left( \frac{d_{\text{rolha}}}{2} \right)^2$$

$$A_{\text{rolha}} = 3 \times \left( \frac{2 \times 10^{-2} \text{ m}}{2} \right)^2$$

$$A_{\text{rolha}} = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$P_{(\text{interna})} = 5 \text{ atm} = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{(\text{após a rolha sair})} = 1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\Delta P = P_{(\text{interna})} - P_{(\text{após a rolha sair})}$$

$$\Delta P = 5 \times 10^5 \text{ Pa} - 1 \times 10^5 \text{ Pa} \Rightarrow \Delta P = 4 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta P = 4 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\Delta P = \frac{\text{"Força"}}{A_{\text{rolha}}}$$

$$\text{"Força"} = \Delta P \times A_{\text{rolha}}$$

$$\text{"Força"} = 4 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} \times 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{"Força"} = 120 \text{ N}$$

$$m_{\text{rolha}} = 10 \text{ g} = 10 \times 10^{-3} \text{ kg} = 10^{-2} \text{ kg}; \quad 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \times \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{"Força"} = m_{\text{rolha}} \times a_{\text{rolha}}$$

$$a_{\text{rolha}} = \frac{\text{"Força"}}{m_{\text{rolha}}}$$

$$a_{\text{rolha}} = \frac{120 \text{ kg} \times \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}{10^{-2} \text{ kg}}$$

$$a_{\text{rolha}} = 12000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

**Segunda fase**

**Questão 1.** Em competições esportivas, os atletas que alcançam as três primeiras posições são condecorados com medalhas denominadas ouro, prata e bronze. Contudo, na Olimpíada e na Paralimpíada de Paris, a composição das medalhas de ouro e de bronze entregues aos atletas, descrita na Figura 1, não corresponde ao que seus nomes sugerem. A medalha de ouro é apenas revestida com esse metal. A medalha de bronze, que deveria ser composta por 67 % em massa de cobre e 33 % em massa de estanho, possui outra composição.

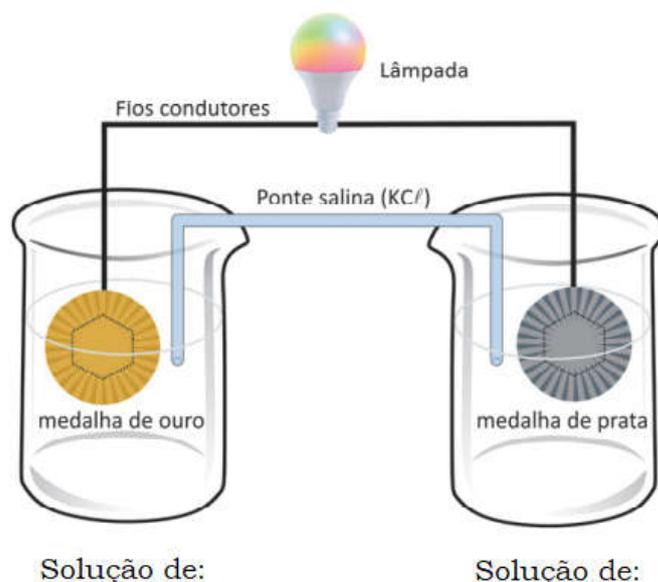
**a)** Preencha, no quadro da folha de respostas, qual deveria ser a massa de cada um desses metais, Cu e Sn, em uma medalha olímpica de 437 g para que ela fosse de fato de bronze?

**Quadro da folha de respostas para o item a:**

Metal	Massa (g)
Cu	
Sn	

**b)** Considere que a ginasta Rebeca Andrade, condecorada com medalhas de ouro e de prata em Paris, decida utilizá-las para construir uma pilha. Para isso, ela retirou o hexágono de ferro das medalhas e esquemmatizou a pilha representada na Figura 2. Sabendo que a atleta dispõe de duas soluções,  $\text{AgNO}_3$  e  $\text{Au}(\text{NO}_3)_3$ , ambas de concentração 1 mol/L, complete, na folha de respostas, em qual compartimento cada solução deve ser adicionada para que a pilha funcione. Com a pilha funcionando, indique qual metal se deposita sobre qual medalha.

**Esquema representado na folha de respostas para o item b:**



c) Um dos problemas da obtenção de Au é o uso indiscriminado de Hg pelo garimpo. Nesse processo, 3 g de Hg dissolvem 1 g de Au para formar um amálgama. O Au é purificado aquecendo o amálgama e evaporando o Hg. Considerando que cada tonelada de sedimento de determinado rio contenha 8 g de Au, qual a massa de sedimento necessária para extrair os 6 g de Au presentes na medalha de Au? Assumindo que 60 % do Hg evaporado para a produção dessa medalha alcancem um corpo d'água de 6 milhões de litros e que a legislação brasileira adota a concentração de  $1 \times 10^{-6}$  g de Hg/L como limite, esse corpo d'água seria considerado próprio para consumo em relação ao Hg? Apresente os cálculos.



Os hexágonos cravados nas medalhas com o símbolo olímpico são feitos de ferro. Para a resolução da questão, assuma que eles foram retirados das medalhas. A massa dos hexágonos não está considerada na massa das medalhas.

Figura 1

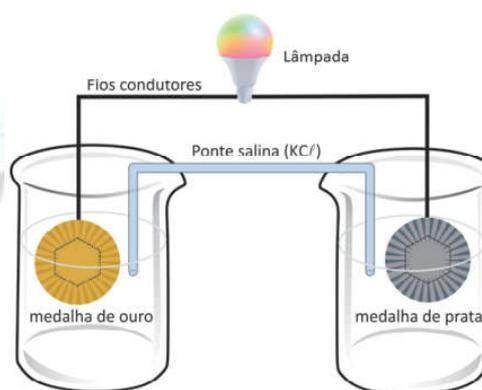
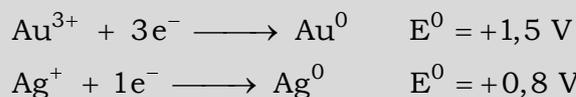


Figura 2

Note e adote:



**Resolução:**

a) Cálculo da massa de Cu e Sn, em uma medalha olímpica de 437 g, para que ela fosse de fato de bronze:

$$m_{\text{medalha de bronze}} = 437 \text{ g}$$

$$\%_{\text{Cu}} = 67\% = \frac{67}{100}$$

$$m_{\text{Cu}} = \frac{67}{100} \times 437 \text{ g} \Rightarrow m_{\text{Cu}} = 292,79 \text{ g}$$

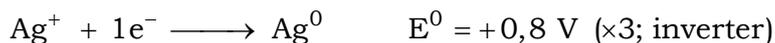
$$\%_{\text{Sn}} = 33\% = \frac{33}{100}$$

$$m_{\text{Sn}} = \frac{33}{100} \times 437 \text{ g} \Rightarrow m_{\text{Sn}} = 144,21 \text{ g}$$

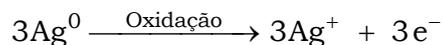
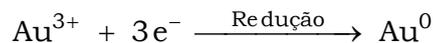
**Quadro da folha de respostas para o item a:**

Metal	Massa (g)
Cu	292,79 g
Sn	144,21 g

b) Dados os potenciais, vem:

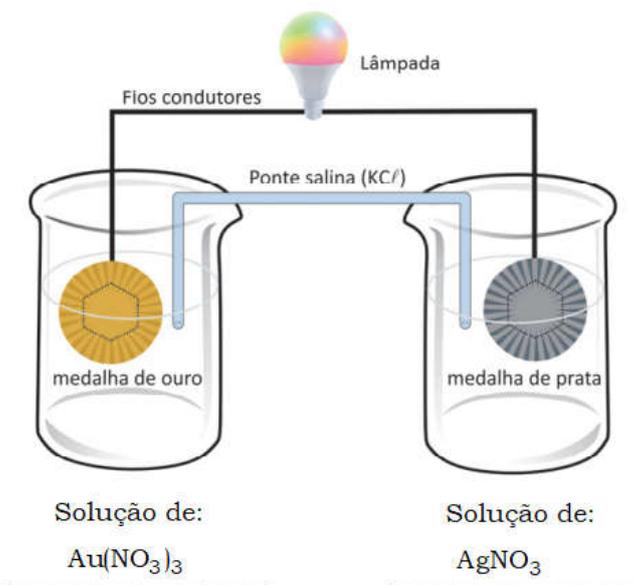


$$+1,5 \text{ V} > +0,8 \text{ V}$$



Conclusão: o ouro ( $\text{Au}^{3+}$ ) se deposita na medalha de ouro ( $\text{Au}^0$ ).

Preenchimento do esquema representado na folha de respostas para o item b:



c) Cálculo da massa de sedimento necessária para extrair os 6 g de Au presentes na medalha de Au:

$$8 \text{ g (Au)} \text{ ————— } 1 \text{ t (sedimento)}$$

$$6 \text{ g (Au)} \text{ ————— } m_{\text{sedimento}}$$

$$m_{\text{sedimento}} = \frac{6 \text{ g} \times 1 \text{ t}}{8 \text{ g}} \Rightarrow m_{\text{sedimento}} = 0,75 \text{ t ou } 750 \text{ kg}$$

• 3 g de Hg dissolvem 1 g de Au para formar um amálgama.

$$m_{\text{(Au na medalha)}} = 6 \text{ g}$$

$$3 \text{ g (Hg)} \text{ ————— } 1 \text{ g (Au)}$$

$$m_{\text{Hg}} \text{ ————— } 6 \text{ g (Au)}$$

$$m_{\text{Hg}} = \frac{3 \text{ g} \times 6 \text{ g}}{1 \text{ g}} \Rightarrow m_{\text{Hg}} = 18 \text{ g}$$

60 % do Hg evaporado para a produção dessa medalha alcancem um corpo d'água de 6 milhões de litros. A legislação brasileira adota a concentração de  $1 \times 10^{-6}$  g Hg / L como limite. Então:

100 % ——— 18 g (Hg)

60 % ———  $m_{\text{Hg (evaporado)}}$

$$m_{\text{Hg (evaporado)}} = \frac{60 \% \times 18 \text{ g}}{100 \%} \Rightarrow m_{\text{Hg (evaporado)}} = 10,8 \text{ g}$$

$V = 6$  milhões de litros  $\Rightarrow V = 6 \times 10^6 \text{ L}$

$$C_{\text{Hg}} = \frac{m_{\text{Hg (evaporado)}}}{V} \Rightarrow C_{\text{Hg}} = \frac{10,8 \text{ g}}{6 \times 10^6 \text{ L}} \Rightarrow C_{\text{Hg}} = 1,8 \times 10^{-6} \text{ g Hg/L}$$

$1,8 \times 10^{-6} \text{ g Hg/L} > 1 \times 10^{-6} \text{ g Hg/L}$

Conclusão: a concentração é maior do que a concentração máxima permitida pela legislação. Ou seja, esse corpo d'água não seria considerado próprio para consumo em relação ao Hg.

**Questão 2.** Água contendo concentrações superiores a 150 mg/L de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  é chamada de água dura, que é imprópria para algumas aplicações domésticas e industriais, pois esses íons reagem com sabão formando sais insolúveis. Para evitar esse contratempo, alguns processos de tratamento de água envolvem adição de reagentes químicos para precipitação dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Avaliando as três situações distintas a seguir, responda:

**a)** Para o tratamento da água dura, dispõe-se dos seguintes compostos:  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  e  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Qual deles seria utilizado em menor quantidade, em mol, para o tratamento de água dura?

**b)** Um possível procedimento usado para a retirada dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  da água consiste em adicionar cal apagada [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] até saturar a solução. Posteriormente, adiciona-se  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Com esse procedimento, qual íon será o primeiro a ser retirado? Escreva as fórmulas químicas dos precipitados formados.

**c)** Considere uma caixa d'água com 10.000 L de água contendo 150 mg/L de  $\text{Ca}^{2+}$ . Qual a massa de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , em quilograma, que deve ser adicionada para que a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  seja reduzida a 70 mg/L?

Note e adote:

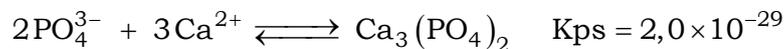
Composto	Kps	Composto	Kps
Fosfato de cálcio	$2,0 \times 10^{-29}$	Hidróxido de cálcio	$5,5 \times 10^{-6}$
Fosfato de magnésio	$1,0 \times 10^{-25}$	Hidróxido de magnésio	$1,8 \times 10^{-11}$
Carbonato de cálcio	$2,8 \times 10^{-9}$	Sulfato de cálcio	$9,1 \times 10^{-6}$
Carbonato de magnésio	$3,5 \times 10^{-8}$	Sulfato de magnésio	$3,6 \times 10^2$

Massas molares (g/mol): C = 12; O = 16; Na = 23; Ca = 40.

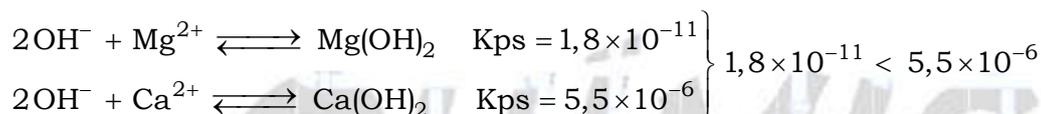
**Resolução:**

a) O  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  seria utilizado em menor quantidade, em mol, para o tratamento de água dura.

Os ânions fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), presentes no  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , poderiam precipitar os cátions  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  presentes na água dura, pois formariam sais muito pouco solúveis, ou seja, com baixo valor de  $K_{ps}$ .



b) Primeiro a ser retirado:  $\text{Mg}^{2+}$ . Pois, o valor do  $K_{ps}$  do  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  é menor do que o do  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .



Fórmulas químicas dos precipitados formados:  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  e  $\text{CaCO}_3$ .

c) Cálculo da massa de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , em quilograma, que deve ser adicionada para que a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  seja reduzida a 70 mg/L:

$$V_{\text{caixa d'água}} = 10.000 \text{ L}$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = 150 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow C_{\text{Ca}^{2+}} = 150 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{m_{\text{Ca}^{2+}}}{V_{\text{caixa d'água}}} \Rightarrow m_{\text{Ca}^{2+}} = C_{\text{Ca}^{2+}} \times V_{\text{caixa d'água}}$$

$$m_{\text{Ca}^{2+}} = 150 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 10.000 \text{ L}$$

$$m_{\text{Ca}^{2+}} = 1500 \text{ g (inicial)}$$

$$C'_{\text{Ca}^{2+}} = 70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \Rightarrow C'_{\text{Ca}^{2+}} = 70 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$m'_{\text{Ca}^{2+}} = 70 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 10.000 \text{ L}$$

$$m'_{\text{Ca}^{2+}} = 700 \text{ g (final)}$$

$$\Delta m_{\text{Ca}^{2+}} = 1500 \text{ g} - 700 \text{ g} = 800 \text{ g (retirados)}$$

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 = 2 \times 23 + 1 \times 12 + 3 \times 16 = 106; M_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Ca} = 40; M_{\text{Ca}^{2+}} = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$



$$106 \text{ g} \text{ — } 40 \text{ g}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \text{ — } 800 \text{ g}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = \frac{106 \text{ g} \times 800 \text{ g}}{40 \text{ g}}$$

$$m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 2120 \text{ g} \Rightarrow m_{\text{Na}_2\text{CO}_3} = 2,120 \text{ kg}$$

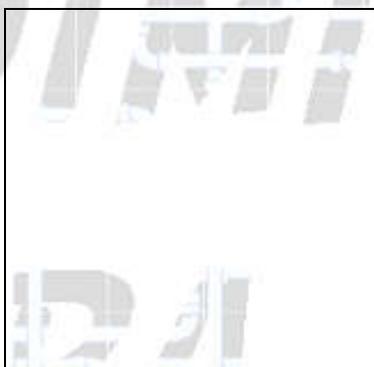
**Questão 3.** O frasco Erlenmeyer tem esse nome por ter sido criado por um químico alemão chamado de Emil Erlenmeyer. As características do frasco Erlenmeyer, como fundo chato para não tombar, corpo cônico que permite agitação sem risco de respingos ou vazamentos, e pescoço cilíndrico, que permite a inserção de uma rolha ou tampa para sua vedação, tornaram o frasco popular.

Emil Erlenmeyer foi também a primeira pessoa a sugerir a formação de ligações duplas e triplas entre átomos de carbono.

Além disso, ele descreveu a regra Erlenmeyer, segundo a qual todos os alcoóis nos quais o grupo OH esteja ligado a um carbono insaturado convertem-se em seus isômeros constitucionais de função, aldeídos ou cetonas, uma vez que eles são mais estáveis.

a) Desenhe, no espaço indicado da folha de respostas, um frasco Erlenmeyer.

**Espaço indicado na folha de respostas:**

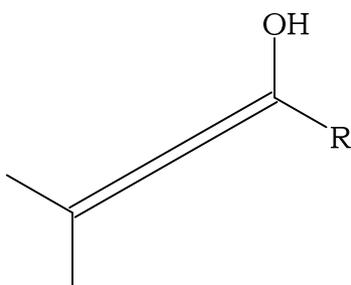


b) Desenhe, no quadro da folha de respostas, as fórmulas eletrônicas de Lewis dos hidrocarbonetos com duplas e triplas ligações com a menor massa molar possíveis.

**Quadro da folha de respostas:**

Hidrocarboneto com ligação dupla	Hidrocarboneto com ligação tripla

c) Desenhe, na folha de respostas, os isômeros constitucionais de função, cetona e aldeído, da molécula a seguir.



R = cadeia carbônica para o isômero da cetona  
R = hidrogênio para o isômero do aldeído



Quadro da folha de respostas:

Cetona	Aldeído
	

**Questão 4.** No mergulho autônomo, usa-se cilindro contendo uma mistura de gases comprimidos que são inspirados pelo mergulhador e expirados para o ambiente, na forma de bolhas. Um risco associado a essa prática é a embolia causada pelo acúmulo de  $N_2$  nos tecidos do corpo quando esse gás é respirado em pressões parciais elevadas por longos períodos. A embolia pode ser evitada planejando-se a profundidade e o tempo do mergulho. Respirar  $N_2$  a uma pressão parcial de 1,58 atm por até 10 minutos não é prejudicial à saúde. O tempo de mergulho pode ser aumentado empobrecendo a mistura gasosa do cilindro em  $N_2$  e enriquecendo em  $O_2$  até pressão parcial de 1,4 atm, pois, acima desse valor, passa a apresentar caráter tóxico.

Considerando que a pressão atmosférica ao nível do mar é 1 atm e que, a cada 10 m de coluna de água, a pressão aumenta em 1 atm, responda:

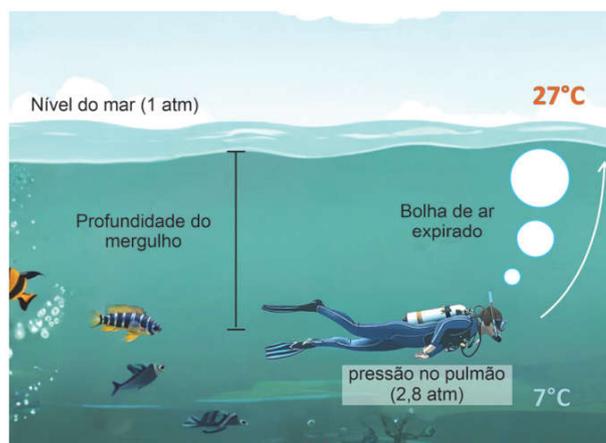
**a)** Um cilindro de mergulho de 12,3 litros de capacidade foi preenchido apenas com  $O_2$  a 140 atm a  $27^\circ C$ . Qual a massa de  $O_2$  contida no cilindro?

**b)** Considere um mergulho de 10 minutos a uma profundidade constante utilizando um cilindro contendo apenas  $N_2$  e  $O_2$ .

Sabendo que o mergulho foi realizado no limite imposto pela toxicidade do  $O_2$  ( $PO_2 = 1,4$  atm) e pelo risco de embolia por  $N_2$  ( $PN_2 = 1,58$  atm), qual a profundidade do mergulho? Qual a composição porcentual, em mol, da mistura gasosa no cilindro do mergulhador? Desconsidere o tempo de descida e subida do mergulho.

**c)** Considere o mergulho descrito na figura ao lado, no qual a pressão nos pulmões do mergulhador é de 2,8 atm e a temperatura é de  $7^\circ C$ .

Sabendo que o cilindro está preenchido com uma pressão de 140 atm e que o volume inspirado pelo mergulhador é de 0,5 L e é igual ao volume expirado, qual será o volume de ar consumido do cilindro a cada inspiração? Assuma que, nesse



processo, a temperatura do gás se mantém constante a 7 °C. Qual o volume da bolha de ar expirado quando ela atinge a superfície, onde a pressão é de 1 atm e a temperatura de 27 °C?

Note e adote:

Constante dos gases ideais:

$$R = 0,082 \text{ atm L / K mol}$$

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$$

$$\text{Massa molar (g / mol): } O_2 = 32$$

**Resolução:**

**a)** Cálculo da massa de O<sub>2</sub> contida no cilindro:

$$P = 140 \text{ atm}; V = 12,3 \text{ L}$$

$$T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$M_{O_2} = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

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

$$P \times V = n \times R \times T \Rightarrow P \times V = \frac{m}{M} \times R \times T \Rightarrow m = \frac{P \times V \times M}{R \times T}$$

$$m = \frac{140 \text{ atm} \times 12,3 \text{ L} \times 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 300 \text{ K}} \Rightarrow m = 2240 \text{ g}$$

**b)** Cálculo da profundidade do mergulho:

$$P_{\text{total}} = 1 \text{ atm} + P_{\text{água}}$$

$$P_{O_2} = 1,4 \text{ atm}; P_{N_2} = 1,58 \text{ atm}$$

$$P_{\text{total}} = P_{O_2} + P_{N_2}$$

$$1 \text{ atm} + P_{\text{água}} = 1,4 \text{ atm} + 1,58 \text{ atm}$$

$$P_{\text{água}} = 1,4 \text{ atm} + 1,58 \text{ atm} - 1 \text{ atm}$$

$$P_{\text{água}} = 1,98 \text{ atm}$$

$$10 \text{ m (coluna de água)} \text{ ————— } 1 \text{ atm}$$

$$\text{Profundidade ————— } 1,98 \text{ atm}$$

$$\text{Profundidade} = \frac{10 \text{ m} \times 1,98 \text{ atm}}{1 \text{ atm}}$$

$$\text{Profundidade} = 19,8 \text{ atm}$$

Cálculo da composição porcentual, em mol, da mistura gasosa no cilindro do mergulhador:

$$P_{\text{total}} = 1 \text{ atm} + 1,98 \text{ atm} = 2,98 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = 1,4 \text{ atm}$$

$$X_{O_2} = \frac{P_{O_2}}{P_{\text{total}}} \Rightarrow X_{O_2} = \frac{1,4 \text{ atm}}{2,98 \text{ atm}} = 0,46979$$

$$X_{O_2} = 0,47 = \frac{47}{100} \Rightarrow 47 \% \text{ de } O_2$$

$$100\% - 47\% = 53\% \Rightarrow 53 \% \text{ de } N_2$$

c) Cálculo do volume de ar consumido do cilindro a cada inspiração:

$$T = 7 + 273 = 280 \text{ K} = \text{constante}$$

$$P_{\text{cilindro}} = 140 \text{ atm}$$

$$V_{\text{inspirado}} = 0,5 \text{ L}$$

$$P_{\text{pulmão}} = 2,8 \text{ atm}$$

$$P \times V = \text{constante}$$

$$P_{\text{pulmão}} \times V_{\text{inspirado}} = P_{\text{cilindro}} \times V_{\text{(ar consumido do cilindro)}}$$

$$2,8 \text{ atm} \times 0,5 \text{ L} = 140 \text{ atm} \times V_{\text{ar consumido do cilindro}}$$

$$V_{\text{(ar consumido do cilindro)}} = \frac{2,8 \text{ atm} \times 0,5 \text{ L}}{140 \text{ atm}}$$

$$V_{\text{(ar consumido do cilindro)}} = 0,01 \text{ L}$$

Cálculo do volume da bolha de ar expirado quando ela atinge a superfície:

$$P_{\text{pulmão}} = 2,8 \text{ atm}$$

$$V_{\text{inspirado}} = 0,5 \text{ L}$$

$$T_{\text{(profundidade)}} = 7 + 273 = 280 \text{ K}$$

$$P_{\text{superfície}} = 1 \text{ atm}$$

$$V_{\text{(bolha de ar)}} = ?$$

$$T_{\text{(superfície)}} = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$\frac{P \times V}{T} = \text{constante}$$

$$\frac{P_{\text{pulmão}} \times V_{\text{inspirado}}}{T_{\text{(profundidade)}}} = \frac{P_{\text{superfície}} \times V_{\text{(bolha de ar)}}}{T_{\text{(superfície)}}}$$

$$\frac{2,8 \text{ atm} \times 0,5 \text{ L}}{280 \text{ K}} = \frac{1 \text{ atm} \times V_{\text{(bolha de ar)}}}{300 \text{ K}}$$

$$V_{\text{(bolha de ar)}} = \frac{2,8 \text{ atm} \times 0,5 \text{ L} \times 300 \text{ K}}{280 \text{ K} \times 1 \text{ atm}}$$

$$V_{\text{(bolha de ar)}} = 1,5 \text{ L}$$

**Questão 5.** A geração de eletricidade limpa, barata e constante é algo essencial para o desenvolvimento sustentável. Dispositivos eletrônicos portáteis funcionam, em geral, com baterias químicas, que precisam ser constantemente recarregadas e têm vida útil limitada. Uma alternativa promissora para a substituição de baterias químicas em dispositivos portáteis vem surgindo com o desenvolvimento de baterias nucleares, como a mostrada na Figura 1, constituídas por emissor de radiação beta ( $\beta$ ), como o  $^{63}\text{Ni}$ , e um semicondutor.



Figura 1

A energia da radiação beta excita os elétrons do semicondutor, criando lacunas onde antes havia elétrons. Esses pares de lacunas-elétrons geram uma diferença de potencial que pode ser aproveitada na forma de eletricidade.

a) Sabendo que a capacidade de blindar a radiação de um material está relacionada à sua densidade, como mostrado na Figura 2, e que o revestimento da bateria é feito de aço inoxidável, cuja densidade é de  $7500 \text{ kg/m}^3$ , explique se a utilização dessa bateria deixará o usuário exposto a algum risco radiológico.

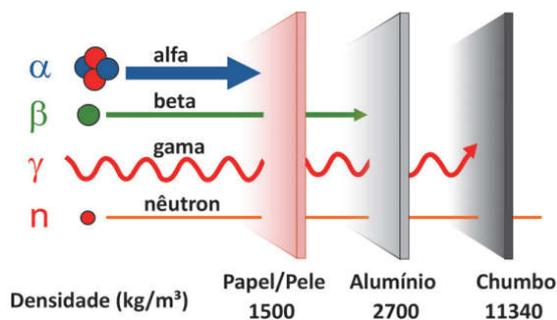
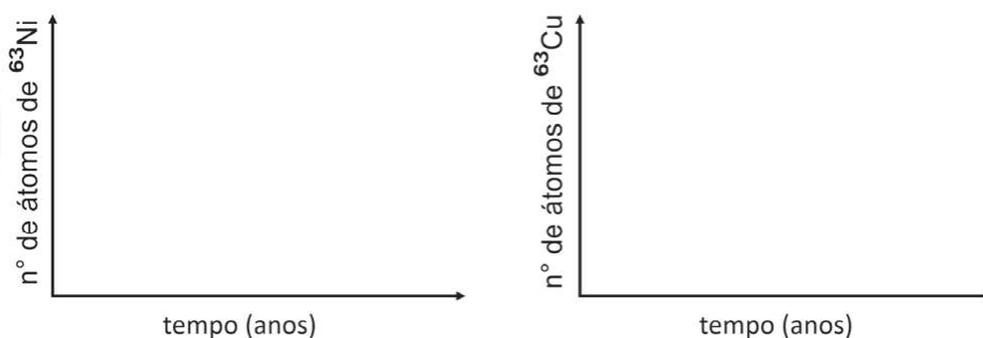


Figura 2

b) Desenhe, na folha de respostas, a evolução, ao longo do tempo, do número de átomos de  $^{63}\text{Ni}$  e de  $^{63}\text{Cu}$  presentes em uma bateria nuclear de  $^{63}\text{Ni}$ , sabendo que o  $^{63}\text{Cu}$  é um isótopo estável.

**Esquema da folha de respostas:**



c) Assuma que essa bateria é operacional até que 75 % da quantidade  $^{63}\text{Ni}$  sejam consumidos. Qual a vida útil da bateria em anos, sabendo que o tempo de meia-vida do  $^{63}\text{Ni}$  é de 100 anos? A massa da bateria aumenta, diminui ou se mantém ao longo do seu tempo de uso?

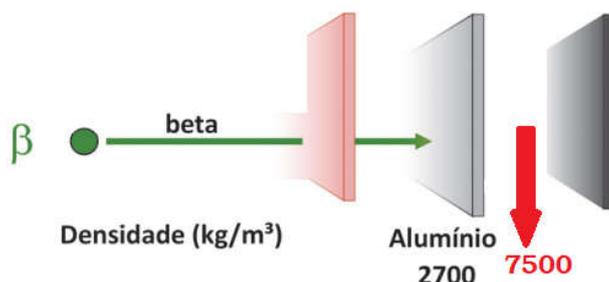
Note e adote:

No item a), considere que as placas têm a mesma espessura.

Massa do elétron:  $10^{-30} \text{ kg}$  e, portanto, pode ser desprezada.

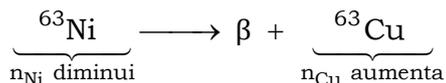
**Resolução:**

a) De acordo com o texto do enunciado, a energia da radiação beta ( $\beta$ ) excita os elétrons do semicondutor. Logo, deve-se levar em conta esta radiação.

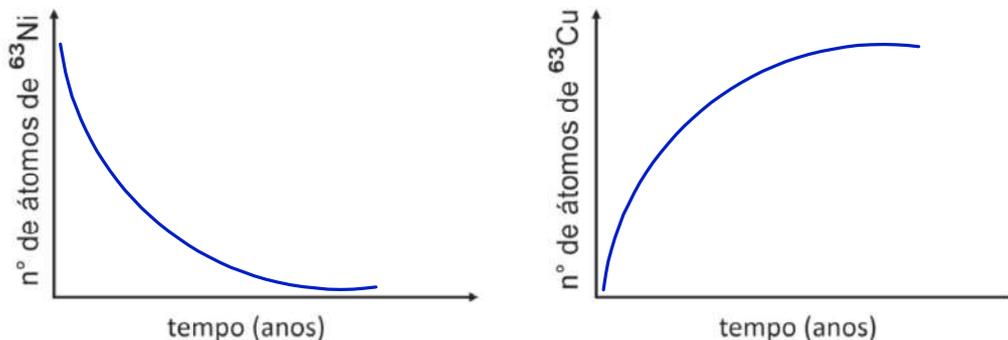


Como  $7500 \text{ kg/m}^3$  é maior do que  $2700 \text{ kg/m}^3$ , valor que barra a radiação beta, conclui-se que a utilização dessa bateria não deixará o usuário exposto a algum risco radiológico.

b) Como o  $^{63}\text{Ni}$  é um isótopo estável (“produto”), seu número de átomos aumenta e o número de átomos do  $^{63}\text{Ni}$  diminui.



Esquema da folha de respostas:



c) Cálculo da vida útil da bateria em anos (assumindo que essa bateria seja operacional até que 75 % da quantidade  $^{63}\text{Ni}$  sejam consumidos, ou seja, transformados em  $^{63}\text{Cu}$ ):

$$\underbrace{100\% \xrightarrow{t_{1/2}} 50\% \xrightarrow{t_{1/2}} 25\%}_{100\% - 25\% = 75\%}$$

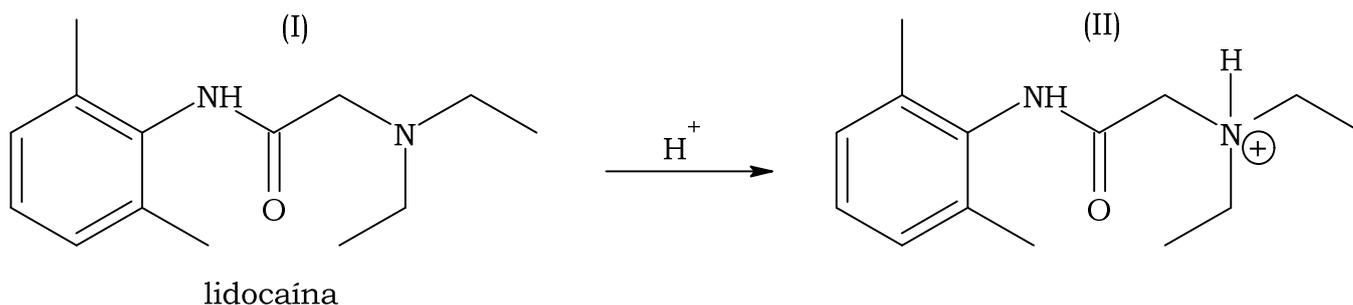
$$t_{1/2} = 100 \text{ anos}$$

$$\text{Vida útil} = 2 \times t_{1/2} \Rightarrow \text{Vida útil} = 2 \times 100 \text{ anos}$$

$$\text{Vida útil} = 200 \text{ anos}$$

A massa da bateria se mantém ao longo do seu tempo de uso, pois o níquel se transforma em cobre.

**Questão 6.** A lidocaína é um anestésico local muito utilizado por dentistas. Ela atua a partir de sua passagem através da membrana lipídica que envolve os neurônios, que são as células responsáveis pela transmissão do sinal da dor. A eficácia de um anestésico depende da sua capacidade de permear a membrana lipídica, sendo que o efeito anestésico é tanto maior quanto maior a permeação. Em meio ácido, a lidocaína é protonada conforme equação química a seguir.

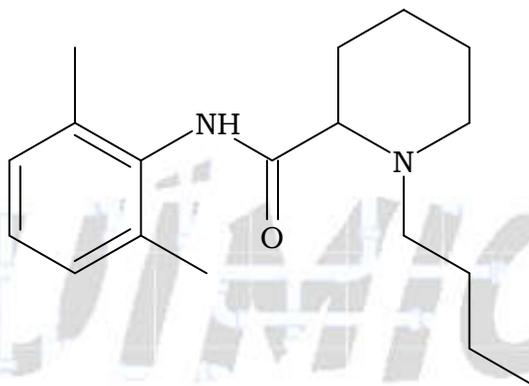


Considerando as informações apresentadas, responda:

a) Qual o nome da função orgânica que é protonada na molécula de lidocaína?

b) Sabendo que processos inflamatórios geram produtos ácidos, a lidocaína, quando aplicada em regiões com inflamação, tem seu efeito reduzido, amplificado ou inalterado? Justifique a sua resposta.

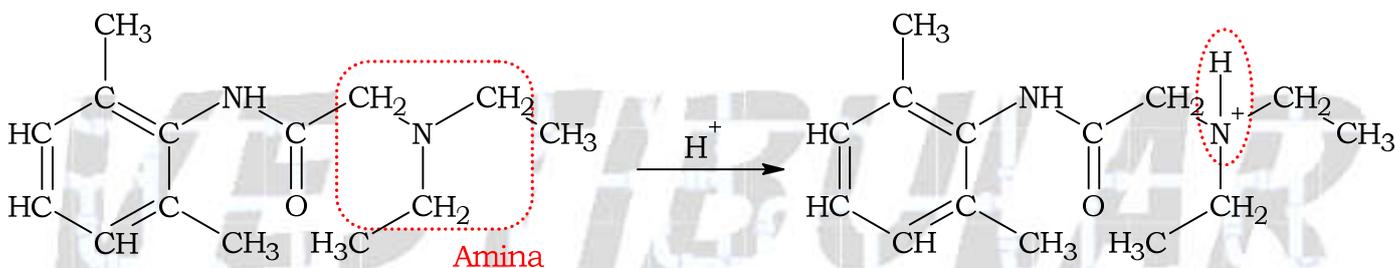
c) Outro anestésico local muito utilizado é a bupivacaína, cuja estrutura química é apresentada a seguir.



Comparando essa molécula com a molécula da lidocaína (I), e considerando apenas a capacidade de penetrar a membrana lipídica dos neurônios, qual das duas deve ter um maior efeito anestésico? Justifique a sua resposta com base na estrutura das moléculas.

**Resolução:**

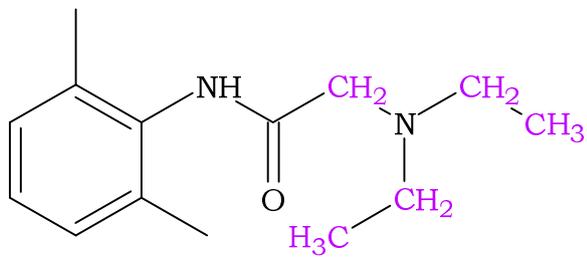
a) Nome da função orgânica que é protonada na molécula de Lidocaína: amina.



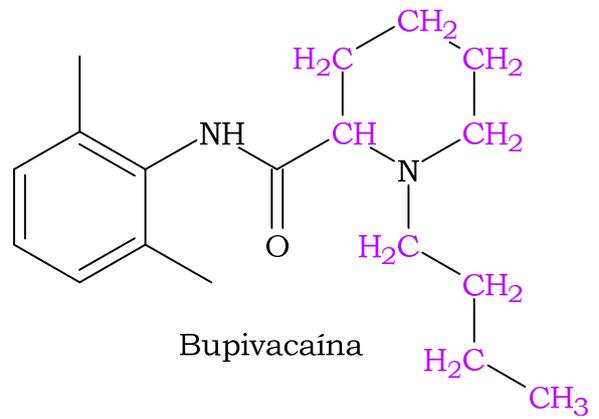
b) De acordo com o texto: (1) a Lidocaína atua a partir de sua passagem através da membrana lipídica que envolve os neurônios e (2) processos inflamatórios geram produtos ácidos.

A Lidocaína, quando aplicada em regiões com inflamação, terá seu efeito reduzido. Pois, a molécula será protonada, conseqüentemente, terá sua polaridade aumentada e será menos lipossolúvel em contato com a membrana lipídica.

c) A Bupivacaína terá maior efeito anestésico, pois é uma molécula com maior quantidade de carbonos, ou seja, mais apolar do que a Lidocaína. Logo, terá maior capacidade de penetração na membrana lipídica.



Lidocaína



Bupivacaina

QUÍMICA

PARA O

VESTIBULAR