

QUÍMICA

PSS 2

Unidade 1

Massas atômicas e moleculares

1 mol - _____ g - $6,02 \cdot 10^{23}$ unidades - 22,4 L (gás nas CNTP)

→ Exemplos:

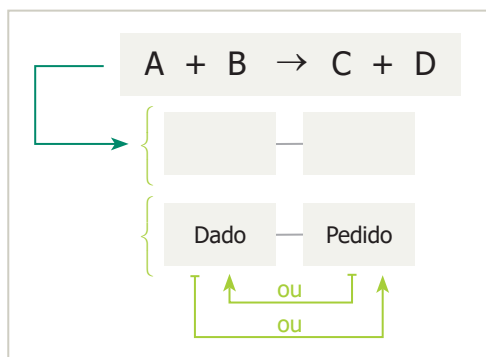
- ▶ 1 mol de átomos de $\text{He}_{(g)} = 6,02 \cdot 10^{23}$ átomos de He - 4 g - 22,4 L
- ▶ 1 mol de átomos de $\text{CO}_{2(g)} = 6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas de CO_2 - 44 g - 22,4 L

Cálculo estequiométrico (estequiometria)

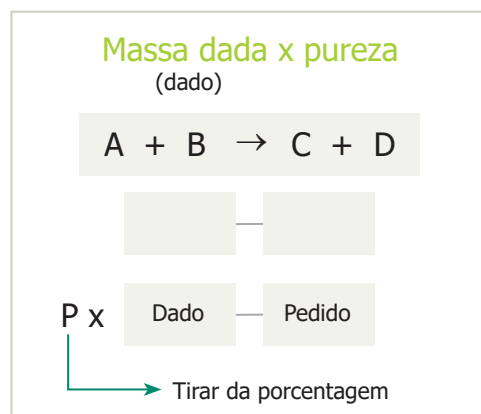
Regras para o cálculo

- 1ª. Identificar e escrever a equação química envolvida com o cálculo.
- 2ª. Balancear a equação (acertar os coeficientes, lembrando que eles indicam a proporção em "mols" existente entre os participantes da equação).
- 3ª. Estabelecer uma regra de três entre o "dado" e o "pedido" do problema.

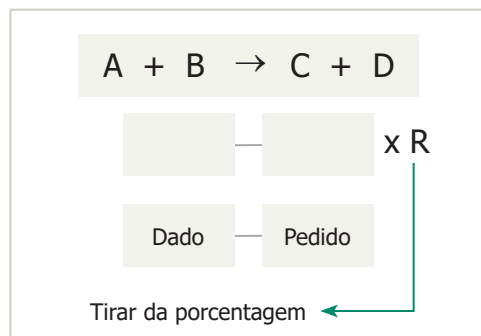
Como fazer



Grau de pureza



Rendimento



Reagentes em excesso

Quando o problema fornece "dados" de dois reagentes, precisamos determinar qual deles está em excesso. Nos cálculos, usar sempre o **reagente limitante**.



Soluções

Sistemas em soluções aquosas

Solução verdadeira

São sistemas homogêneos em que os solutos dissolvidos possuem diâmetro inferior a 1 nm. Esses sistemas não irão precipitar e nem será possível a separação entre soluto e solvente por filtração.

→ **Exemplo:** NaCl dissolvido em água.

Dispersões coloidais

Se um feixe de luz incidir sobre este sistema, é possível visualizar o efeito dessa luz sobre as partículas dispersas (Efeito Tyndall). Nesse caso, os dispersos possuem diâmetro entre 1 e 100 nm.

→ **Exemplos:** leite, gelatina...

Classificação dos coloides*

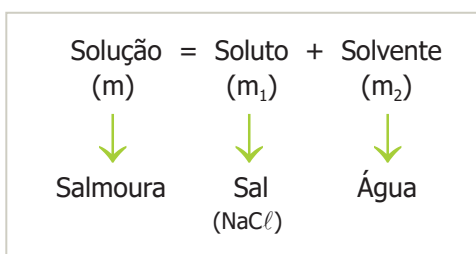
Fase dispersa	Meio de dispersão	Nome técnico	Exemplos
sólido	gás	aerossol	fumaça
líquido	gás	aerossol	spray para cabelo, névoa, nevoeiro
sólido	líquido	sol ou gel	tinta de impressão, tinta de pintar
líquido	líquido	emulsão	leite, maionese
gás	líquido	espuma	espuma antifogo
sólido	sólido	dispersão sólida	vidro de rubi (Au em vidro), algumas ligas
líquido	sólido	emulsão sólida	sulfato betuminoso, sorvetes
gás	sólido	espuma sólida	espuma isolante

*Baseado em R. J. Hunter, Foundations of Colloid Science, Vol. I (Oxford: Oxford University Press, 1987).

Suspensões

Trata-se de sistemas heterogêneos em que os dispersos podem ser identificados a olho nu ou em microscópio óptico. Os dispersos possuem diâmetro superior a 100 nm.

→ **Exemplos:** água com areia dispersa, granito...



Quanto ao coeficiente de solubilidade (C_s)

→ **Exemplo:** $C_s(\text{NaCl}) = 360 \text{ g/L}(\text{H}_2\text{O})$ à 20°C .



Baseando-se no $C_{s,r}$ podemos ter:

▶ **Solução insaturada (não saturada):** ocorre quando a quantidade de soluto dissolvido é menor do que a indicada pelo coeficiente de solubilidade (C_s).

▶ **Solução saturada:** ocorre quando a quantidade dissolvida de soluto é exatamente igual àquela indicada pelo coeficiente de solubilidade (C_s).

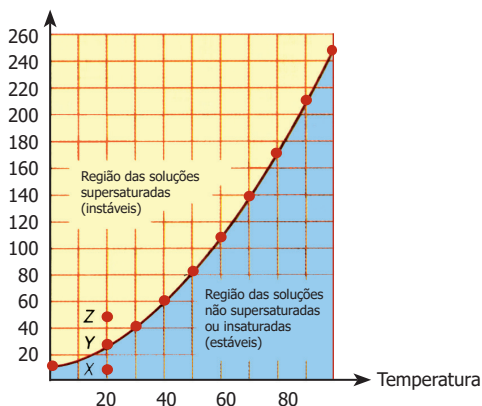
▶ **Solução saturada com corpo de chão (corpo de fundo):** ocorre quando a solução contém um excesso de soluto que não é dissolvido, formando então o precipitado (corpo de fundo).

▶ **Solução supersaturada:** ocorre quando temos dissolvida uma quantidade de soluto "maior" do que aquela indicada pelo coeficiente de solubilidade (C_s). Esta solução é dita instável, pois qualquer alteração do meio provoca a precipitação do excesso.

Curvas de solubilidade

São gráficos que representam a variação do coeficiente de solubilidade em função da temperatura.

Coeficiente de solubilidade
(gramas de soluto/100 g de água)



Concentrações de soluções

Concentração comum (C) ou concentração em g/L

É a relação entre a quantidade de soluto, em gramas, existente em 1 litro de solução.

$$C = \frac{\text{Massa do soluto}}{\text{Volume da solução}}$$

$$C = \frac{m_1}{V}$$

Concentração em quantidade de matéria, concentração em mols por litro ou molaridade

$$M = \frac{n^\circ \text{ mols do soluto}}{\text{Volume da solução}}$$

$$\text{Unidade} - \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$(\text{ou } \text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

$$\text{ou}$$

$$\text{"molar" ou "M"}$$

$$M = \frac{n_1}{V} \quad n_1 = \frac{m_1}{\text{mol}}$$

$$M = \frac{m_1}{\text{mol} \cdot V}$$



Título ou título em massa (T) e porcentagem em massa (m)

$$\begin{array}{c} \text{Solução} = \text{Soluto} + \text{Solvente} \\ \downarrow \qquad \downarrow \qquad \downarrow \\ (m) = (m_1) + (m_2) \end{array}$$

$$T = \frac{\text{massa do soluto}}{\text{massa da solução}} \rightarrow \frac{m_1}{m} \quad (\text{sem unidade})$$

$m = m_1 + m_2$, logo:

$$T = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$$

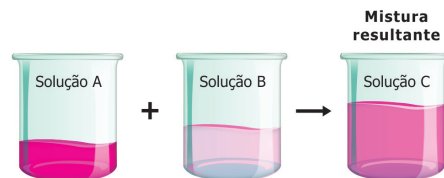
$$\% m = T \cdot 100$$

Relações

$$C = d \cdot T \cdot 1.000 \qquad C = M \cdot \text{mol}$$

$$C = d \cdot T \cdot 1.000 = M \cdot \text{mol}$$

Mistura de soluções (mesmo soluto)



100 mL = 0,1 L 300 mL = 0,3 L 400 mL = 0,4 L
 M = 0,5 mol/L M = 0,2 mol/L M = 0,275 mol/L

$$\text{Sol} \cdot \mathbf{1} + \text{Sol} \cdot \mathbf{2} = \text{Sol. resultante}$$

$$M_1 \cdot V_1 + M_2 \cdot V_2 = M_R \cdot V_R$$

$$C_1 \cdot V_1 + C_2 \cdot V_2 = C_R \cdot V_R$$

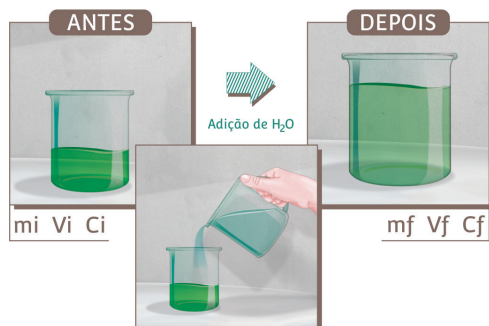
Titulação (volumetria)

Ácido = Base

$$X_A \cdot M_A \cdot V_A = X_B \cdot M_B \cdot V_B$$

$$X \rightarrow \text{Ácido} = n^\circ \text{H}^+ \\ X \rightarrow \text{Base} = n^\circ \text{OH}^-$$

Diluição de soluções



Antes Depois

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f \rightarrow \text{Conc. comum}$$

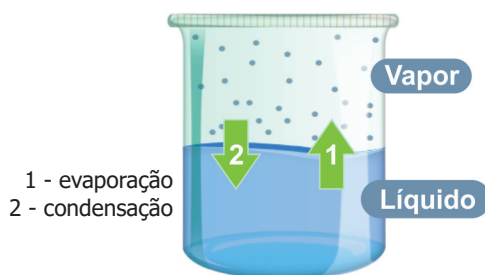
$$M_i \cdot V_i = M_f \cdot V_f \rightarrow \text{Molaridade}$$

$$T_i \cdot V_i = T_f \cdot V_f \rightarrow \text{Título}$$

Propriedades coligativas

Pressão de Vapor (Pv)

Quando um líquido se encontra em um sistema fechado, ele naturalmente evapora ($L \rightarrow V$) e também condensa ($V \rightarrow L$). Sendo assim, após um determinado tempo, se estabelece um equilíbrio entre as fases L e V dentro do sistema. A partir deste instante, sabemos que a coluna de vapor estabelecida sobre o líquido exerce uma determinada pressão sobre a fase líquida. Essa pressão é denominada pressão de vapor. Vejamos a figura abaixo:



Além disso, percebe-se que, quanto mais volátil for um líquido puro, ou seja, quanto menor o ponto de ebulição deste líquido, tanto maior será sua pressão de vapor em uma determinada temperatura.

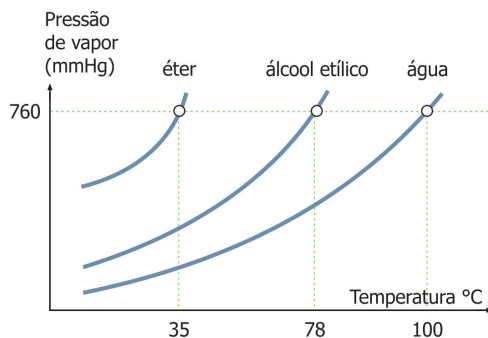


Diagrama de fases

É um gráfico de pressão x temperatura ($P \cdot T$) em que estão coexistindo as três fases (S, L e V) de uma substância.

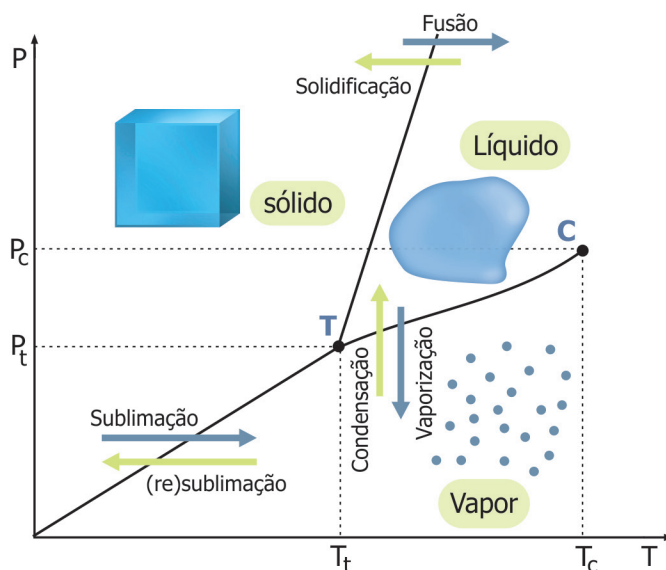


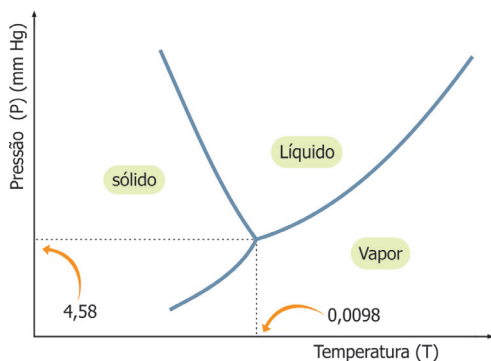
Diagrama de fases de um fluido simples



Neste diagrama, o ponto "T" é o ponto triplo, que corresponde às condições de pressão e temperatura em que coexistem as três fases da substância em equilíbrio.

Já o ponto "C" é o ponto crítico, que corresponde às condições de pressão e temperatura máximas para que ainda coexistam as fases gasosa e líquida em equilíbrio. Em condições acima deste ponto, dizemos que o gás não mais irá se liquefazer.

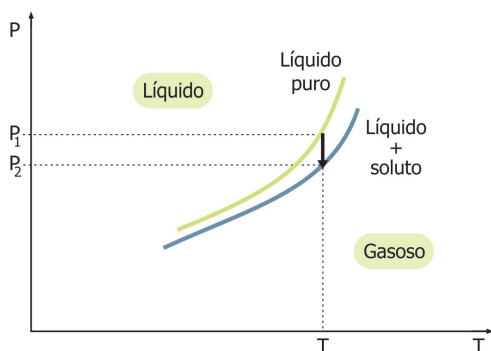
Vejamos abaixo o exemplo específico da água:



Tonoscopia ou tonometria

É o estudo da diminuição da pressão de vapor do líquido quando da adição do soluto.

Quanto: $\uparrow C$ do soluto - $\downarrow P_{\text{vapor}}$

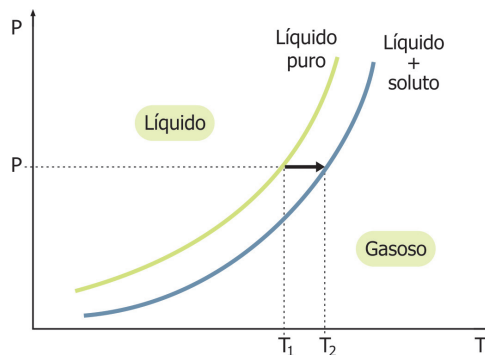


→ **Exemplo de aplicação cotidiana:** nas indústrias pode-se utilizar a adição de substâncias não voláteis para inibir a formação de vapor em processos nos quais ele é indesejado.

Ebulioscopia ou ebuliometria

É o estudo do aumento da temperatura de ebulição do líquido quando da adição do soluto.

Quanto: $\uparrow C$ do soluto - $\uparrow T_{\text{ebulição}}$

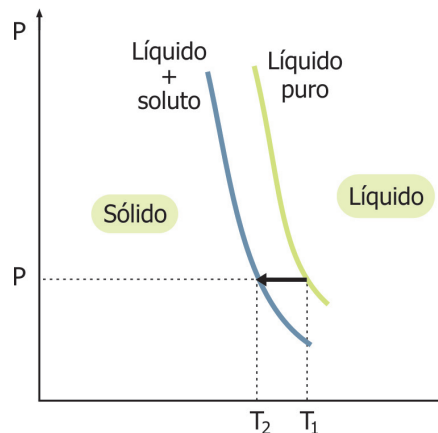


Crioscopia ou criometria

É o estudo da diminuição da temperatura de fusão do líquido quando da adição do soluto. Vejamos a relação:

Quanto: $\uparrow C$ do soluto - $\downarrow T_{\text{fusão}}$

O gráfico deste efeito é representado abaixo:

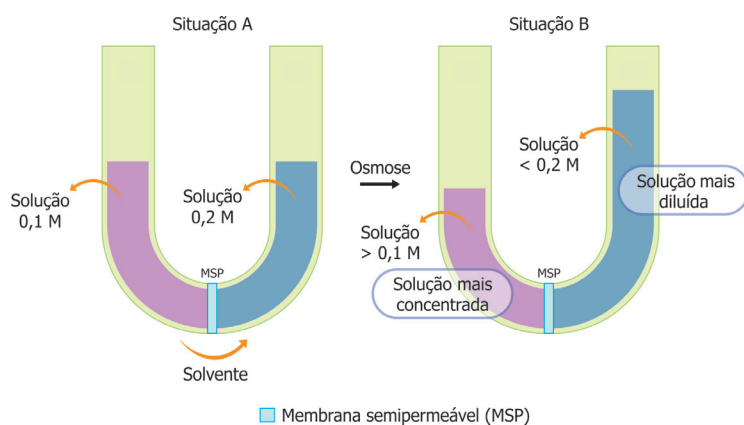


→ **Exemplos de aplicações cotidianas:**

▶ Em países frios, usa-se sal na neve para que esta derreta mais facilmente. A adição do sal abaixa o ponto de fusão.

Osmoscopia ou osmometria

Corresponde ao estudo da pressão osmótica. Para entendermos este assunto, precisamos conhecer a osmose. Trata-se de um fenômeno natural em que os solventes como a água tendem a fluir de meios menos concentrados para outros meios mais concentrados através de uma membrana semipermeável (membrana que permite a passagem do solvente sem permitir a passagem de solutos).



A pressão necessária para resistir ao fluxo natural da água do lado menos concentrado para o mais concentrado é denominada **pressão osmótica**.

Quanto: $\uparrow C$ do soluto - \uparrow Pressão osmótica

Importante

Fator de correção Vant'Hoff

Sabemos que as propriedades coligativas só dependem da concentração molar dos solutos, por isso, precisamos fazer uma correção para solutos iônicos e não iônicos, conforme os exemplos:

- ▶ 1 mol/L $C_6H_{12}O_6$ covalente → permanece 1 mol/L $C_6H_{12}O_6$;
- ▶ 1 mol/L de $NaCl$ iônico → torna-se 1 mol/L de Na^+ e 1 mol/L de Cl^- . Assim, a concentração de íons na solução é de 2 mols/L.

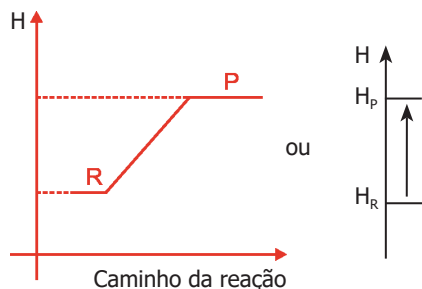


Termoquímica

Reação endotérmica

- ▶ Absorve calor.
- ▶ $\Delta H =$ positivo ou $\Delta H > 0$

Gráfico de reações endotérmicas

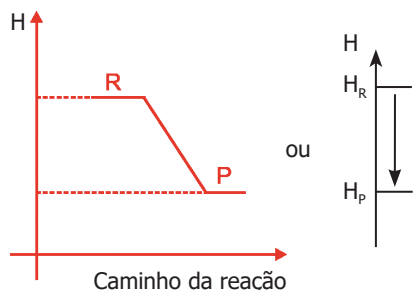


$$H_{\text{Reagentes}} < H_{\text{Produtos}}$$

Reação exotérmica

- ▶ Libera calor.
- ▶ $\Delta H =$ negativo ou $\Delta H < 0$

Gráfico de reações exotérmicas



$$H_{\text{Reagentes}} > H_{\text{Produtos}}$$

Importante

Observe que o ΔH é igual à diferença entre a entalpia dos produtos e a entalpia dos reagentes:

$$\Delta H = H_{\text{Produtos}} - H_{\text{Reagentes}}$$

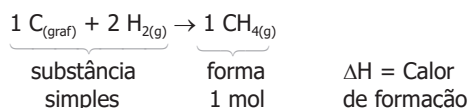


Para a reação hipotética acima temos:

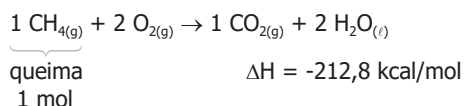
$$\Delta H = (H_C + H_D) - (H_A + H_B)$$

Calor de reação

Calor de formação (ΔH_f)



Calor de combustão (ΔH_c)



Calor ou entalpia de mudanças de estado físico

Corresponde ao ΔH da transformação física de 1 mol de uma determinada substância de um estado físico para outro.

→ **Exemplo:** $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$ $\Delta H = +41 \text{ kJ}$ (calor de vaporização)

Após o estudo dos calores de reação mais importantes, parte-se para os métodos que possibilitam a determinação do ΔH :



Energia de ligação

É a energia necessária para quebrar 1 mol de ligações químicas no estado gasoso.

Ligações quebradas

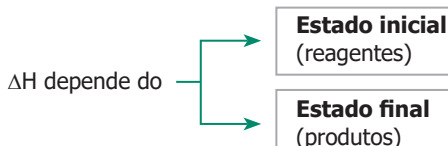
Energia absorvida ($\Delta H = +$)

Ligações formadas

Energia liberada ($\Delta H = -$)

Lei de Hess

Essa lei é usada na determinação da variação de entalpia (ΔH), sabendo-se que essa entalpia depende apenas do **estado inicial** e do **estado final das substâncias**.



Radioatividade e reações nucleares

Conceitos fundamentais

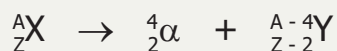


É importante sabermos que todos os conceitos iniciais estão relacionados à emissão de partículas originadas no núcleo. Essas partículas são: α , β e γ .

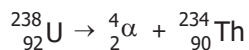
Emissões α

(1ª Lei da Radioatividade ou Lei de Soddy)

Corresponde à emissão de uma partícula formada por 2 prótons (p^+) e 2 nêutrons (n), identificada por ${}^4_2\alpha$.



→ Exemplo:

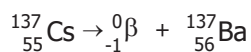
Emissões β

(2ª Lei da Radioatividade ou Lei de Soddy-Fajans-Russel)

As emissões β são elétrons ejetados de núcleos instáveis em alta velocidade. Esse elétron (partícula β) tem origem em um nêutron, que se decompõe da seguinte maneira: ($n \rightarrow p^+ + \beta_{(e^-)} + \text{neutrino}$).



→ Exemplo:

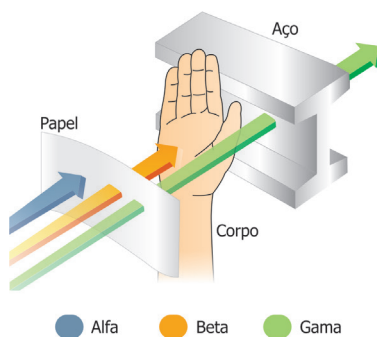


Note que os átomos de Cs e Ba são isóbaros.

Emissões γ

Na realidade, as emissões γ não são partículas, mas sim ondas eletromagnéticas semelhantes à luz. Entretanto, por terem comprimento de onda muito pequeno, essas ondas têm energia muito mais elevada que os raios X, por exemplo. As emissões desse tipo não têm carga nem massa.

Por fim, podemos resumir as emissões em seu poder de penetração sobre os materiais com a seguinte figura:

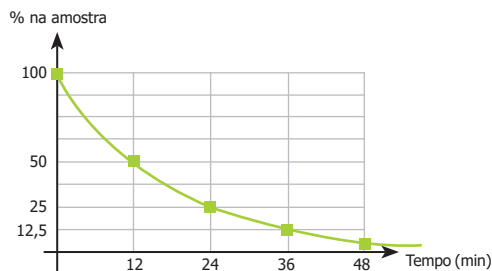


A radioatividade natural ocorrerá, em geral, com átomos mais pesados que Pb, embora existam radioisótopos naturais mais leves, como ${}^3\text{H}$, ${}^{14}\text{C}$, ${}^{19}\text{K}$, por exemplo. Além disso, artificialmente, pode-se produzir radioisótopos de todos os outros elementos da tabela.



Tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) ou Período de semidesintegração (P)

Corresponde ao tempo necessário para desintegrar a metade dos átomos radioativos de uma determinada amostra.

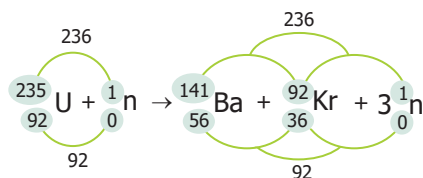


Analisando o gráfico, percebemos que a primeira redução de metade da amostra leva exatos 12 minutos, tempo que corresponderá ao tempo de meia-vida dessa amostra. Então: $t_{1/2} = 12$ min.

Reações nucleares ou de transmutação

São reações que ocorrem pelo choque de uma partícula (α , β , nêutrons...) com um núcleo ou entre dois núcleos, resultando na produção de um novo elemento químico. Essas reações são caracterizadas pela **conservação da soma das massas de reagentes e produtos** e também pela conservação das cargas de reagentes e produtos.

→ Exemplo:



O estudo das reações nucleares tem como principal objeto a energia obtida por meio dessas reações, que é muito maior que qualquer reação química comum. Em uma comparação breve, temos:

► **Combustão**

$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ libera 94 kcal a cada 12 g de carbono queimado.

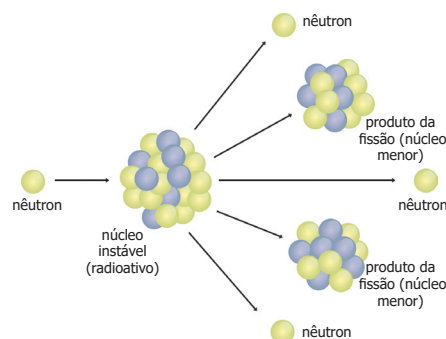
► **Reação nuclear**

${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He}$ libera $5 \cdot 10^8$ kcal a cada 4 g de hidrogênio que reage.

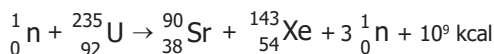
Tipos

Fissão nuclear

Consiste em uma reação nuclear em que se bombardeiam núcleos grandes e instáveis com partículas denominadas nêutrons (${}_0^1\text{n}$). Esses núcleos sofrerão uma fissura e se dividirão em dois ou mais núcleos menores, conforme a figura:

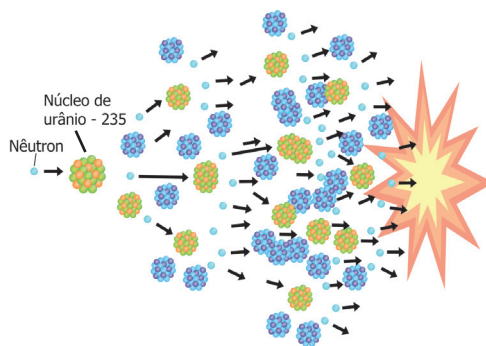


→ Exemplo:



Para que se desencadeie um processo de fissão nuclear, é preciso que uma massa mínima do átomo esteja instável. Essa massa será denominada massa crítica.

Quando se reúne uma massa crítica de Urânio, por exemplo, e bombardeia-se essa massa, inicia-se uma reação em cadeia. Esse fenômeno dá origem, por exemplo, à bomba atômica.



Reação em cadeia

► **Bomba atômica:** trata-se de uma reação nuclear em cadeia, da qual será gerada **grande quantidade de energia**.

Para que uma bomba atômica seja ativada, é preciso uma bomba de TNT como estopim do processo.

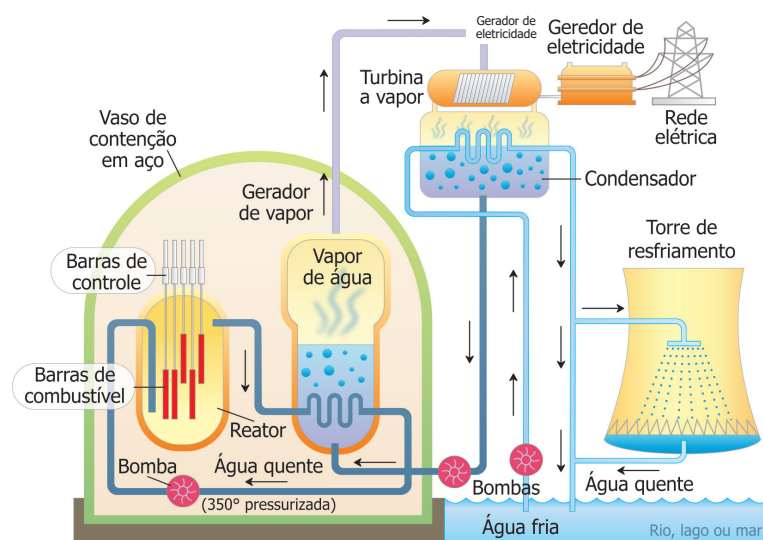
A energia liberada por uma bomba atômica é comumente medida em quilotons. O poder destrutivo de 1 quiloton = 1.000 toneladas de TNT.

→ **Exemplos:**

► **6 de agosto 1945** → Hiroshima → aproximadamente 100 mil mortos (cerca de 7 kg de Urânio → aproximadamente 20 quilotons).

► **9 de agosto de 1945** → Nagasaki → aproximadamente 20 mil mortos (Plutônio).

► **Reator nuclear:** trata-se de uma fissão nuclear controlada. O imenso calor liberado aquece a água que passa e forma vapor d'água, que movimenta as turbinas, gerando energia elétrica.



Utilizar reatores nucleares para a geração de energia tem seus prós e contras:

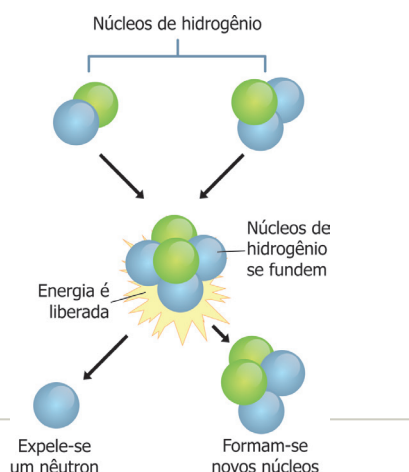
► **Prós:** baixa emissão de gases de efeito estufa, independência de condições meteorológicas.

► **Contras:** a destinação do lixo radioativo gerado pelas usinas nucleares, os problemas que podem ocorrer em um eventual acidente.

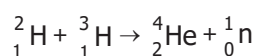
Fusão nuclear

Entende-se por fusão nuclear o processo em que dois ou mais núcleos menores se unem, formando um núcleo maior e liberando **imensa quantidade de energia**.

Para que ocorra uma fusão nuclear, é preciso aplicar grande quantidade de energia de ativação. Essa energia pode provir de uma fissão nuclear.



→ **Exemplo:**

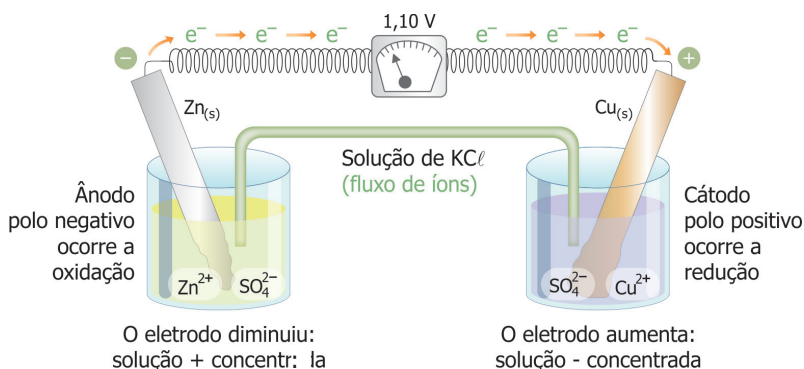


► **Bomba de hidrogênio:** já foi testada no Atol de Bikini, em 1952. Essa bomba tem um poder calorífico muito maior que a bomba atômica. No núcleo do Sol, supõe-se que ocorram reações de fusão nuclear desse tipo.



Eletroquímica

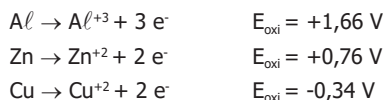
Pilha de Daniell



Potenciais padrão (E°)

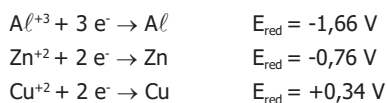
► **Potencial padrão de oxidação (E°_{oxi}):** mede a capacidade que o elemento tem de perder elétrons, sofrendo oxidação.

→ **Exemplos:**



► **Potencial padrão de redução (E°_{red}):** mede a capacidade que o elemento tem de receber elétrons, sofrendo redução.

→ **Exemplos:**



Diferença de potencial de uma pilha (ΔE° ou ddp)

$$\text{ddp} = E^{\circ}_{\text{oxi}(\text{MAIOR})} - E^{\circ}_{\text{oxi}(\text{MENOR})}$$

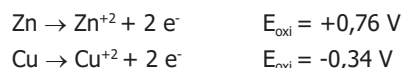
OU

$$\text{ddp} = E^{\circ}_{\text{red}(\text{MAIOR})} - E^{\circ}_{\text{red}(\text{MENOR})}$$

Equação global da pilha

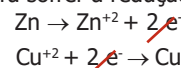
→ **Exemplo resolvido:**

► Qual a equação global da pilha formada pelas semirreações abaixo?

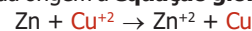


→ **Resolução:**

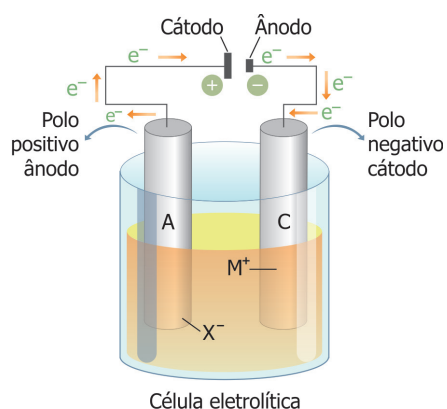
► Comparando-se os dois potenciais de oxidação, verifica-se que o do zinco é maior que o do cobre. Portanto, conclui-se que a semirreação do zinco deve permanecer no sentido da oxidação, enquanto que a do cobre deve ser invertida, já que esse deverá sofrer a redução. Assim temos:



► Após o corte dos elétrons, soma-se os componentes que sobram antes e depois da flecha. Esta soma dá origem à **equação global** seguinte:



Eletrólise



- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| ▶ ÂNODO | ▶ CÁTODO |
| ▶ Ocorre OXIDAÇÃO | ▶ Ocorre REDUÇÃO |
| ▶ POSITIVO (+) | ▶ NEGATIVO (-) |



Lei de Faraday

A massa de uma substância eletrolisada é diretamente proporcional à quantidade de carga elétrica que atravessa a solução. Por isso, vale lembrar:

Em que:

$$i = Q/\Delta t \quad \text{ou} \quad Q = i \cdot \Delta t$$

Q = quantidade de carga em Coulombs "C";
i = corrente elétrica em ampères "A" (= C/s);
 Δt = intervalo de tempo em "s".

Outro passo importante para a estequiometria dos processos eletroquímicos é baseado na **carga de 1 elétron, dada por $1,6 \cdot 10^{-19}$ C**.

Com isso, determinou-se a carga de 1 mol de elétrons:

$$\begin{aligned} 1 e^- & \text{--- } 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ 1 \text{ mol de } e^- & \rightarrow 6,02 \cdot 10^{23} e^- \text{--- } x \text{ C} \\ x & = 96.506 \text{ C} \end{aligned}$$

Assim, definiu-se a constante de Faraday igual a **96.500 C** (carga de 1 mol de e^-).

→ Exemplo resolvido:

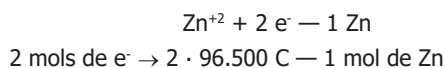
▶ Qual a massa de zinco depositada no cátodo de uma eletrólise (semirreação: $Zn^{+2} + 2 e^- \rightarrow Zn$), durante 5 minutos, sob uma corrente de 5 A?

→ Resolução:

1º. Pode-se calcular a carga elétrica "Q" correspondente à corrente e ao intervalo de tempo (em segundos) mencionados.

$$Q = i \cdot \Delta t \rightarrow Q = 5 \text{ A} \cdot 300\text{s} \rightarrow Q = 1.500 \text{ C}$$

2º. Sabemos que cada mol de e^- possui uma carga de 96.500 C. Considerando:



3º. Assim, de posse desta relação ($2 \cdot 96.500 \text{ C --- } 1 \text{ mol de Zn}$), estabelecemos a seguinte regra de três:

$$\begin{aligned} 193.000 \text{ C} & \text{--- } 65,38 \text{ g Zn} \\ 1.500 \text{ C} & \text{--- } x \text{ g Zn} \\ x & = 0,508 \text{ g de Zn} \end{aligned}$$

Essa corresponde à massa de Zn depositada no cátodo dessa eletrólise.

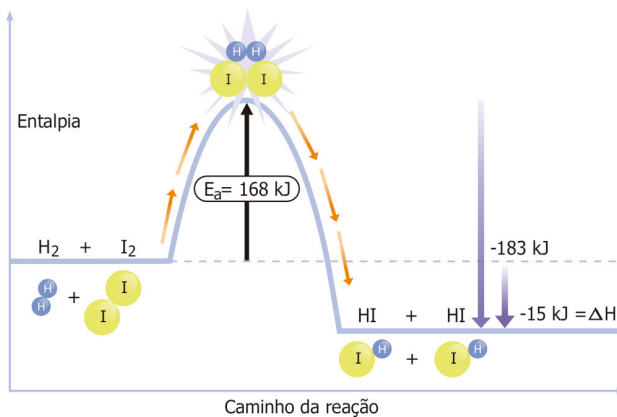
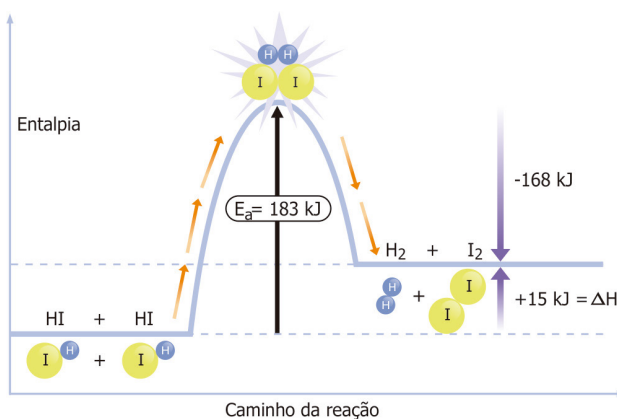


Dinâmica das transformações químicas

Cálculo da velocidade (rapidez) da reação

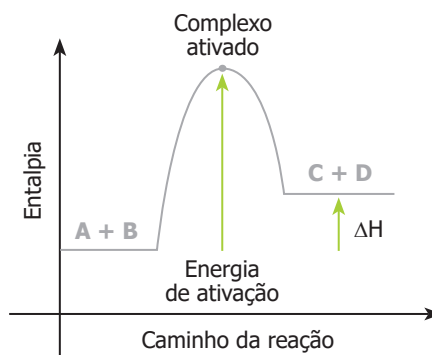
$$V = \frac{\Delta|\text{quantidade}|}{\Delta t}$$

Gráficos de Cinética



Energia de ativação

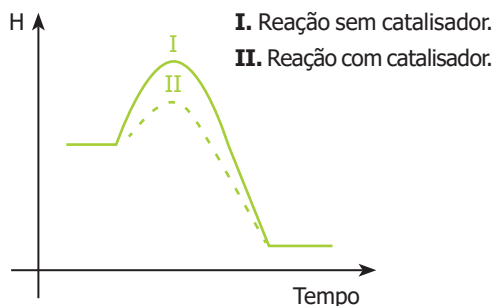
Energia de ativação é a quantidade mínima de energia necessária para que uma reação ocorra.



Catalisador

É uma substância que tem a propriedade de **"aumentar"** a velocidade da reação, **sendo totalmente recuperada no final desta**.

O catalisador cria um novo caminho para a reação **diminuindo a energia de ativação**.

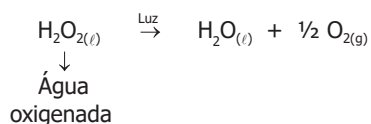


→ **Exemplo:** Enzimas.

Fatores que alteram a velocidade da reação

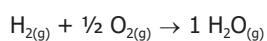
Luz

Aumenta a energia dos reagentes, aumentando assim, a velocidade da reação.



Eletricidade

Aumenta a energia dos reagentes, fazendo com que aumente a intensidade das colisões e, conseqüentemente, a velocidade da reação.



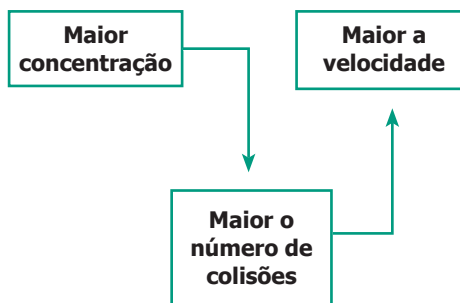
Pressão

Com o aumento da pressão, o volume diminui, aproximando mais os reagentes e aumentando a chance de colisões. Com o aumento das colisões, a velocidade cresce.

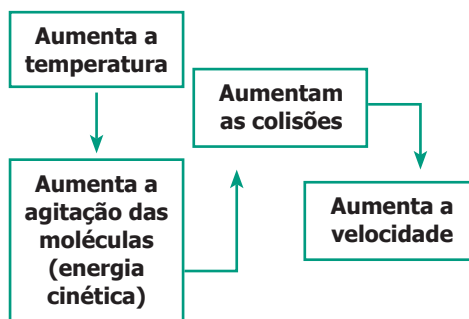
Superfície de contato

Quanto mais subdividido (pulverizado) o reagente, maior a velocidade da reação.

Concentração



Temperatura





Transformações químicas e equilíbrio

Caracterização do sistema em equilíbrio

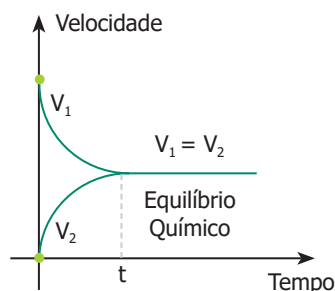
O equilíbrio químico se estabelece a partir do momento em que a velocidade da reação direta (V_1) for igual à velocidade da reação inversa (V_2).

$$V_1 = V_2$$

Gráfico do equilíbrio químico de uma reação

Gráfico da velocidade em função do tempo

Inicialmente a velocidade da reação direta vai diminuindo na mesma proporção que a velocidade da reação inversa vai aumentando. No momento em que as velocidades se igualam, o equilíbrio químico está estabelecido.



Importante

Quando é atingido o equilíbrio químico, as reações direta e inversa continuam acontecendo, portanto esse equilíbrio é chamado de **dinâmico**.

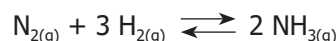
Constante do equilíbrio (K_e)

Constante de equilíbrio em termos de concentração (K_c)

$$K_c = \frac{[\text{produto}]^{\text{coeficiente}} \cdot [\text{produto}]^{\text{coeficiente}}}{[\text{reagente}]^{\text{coeficiente}} \cdot [\text{reagente}]^{\text{coeficiente}}}$$

→ **Exemplo resolvido:**

▶ Qual a constante de equilíbrio na reação de síntese da amônia?



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

Importante

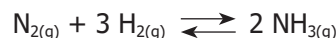
No cálculo do K_c não entram sólidos nem líquidos puros.

Constante de equilíbrio em termos de pressão (K_p)

$$K_p = \frac{[p_{\text{produto}}]^{\text{coeficiente}} \cdot [p_{\text{produto}}]^{\text{coeficiente}}}{[p_{\text{reagente}}]^{\text{coeficiente}} \cdot [p_{\text{reagente}}]^{\text{coeficiente}}}$$

→ **Exemplo resolvido:**

▶ Qual a constante de equilíbrio em termos de pressão para a equação abaixo?



$$K_c = \frac{(p_{\text{NH}_3})^2}{(p_{\text{N}_2})^1 \cdot (p_{\text{H}_2})^3}$$

Importante

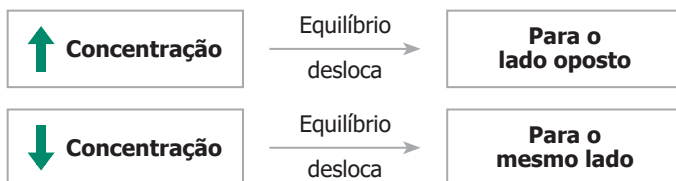
No cálculo do K_p só entram os gases.

Observação: A constante de equilíbrio é característica de cada reação e também da temperatura, ou seja, o valor de K_c ou K_p , para uma mesma reação, só irá variar se a temperatura variar.

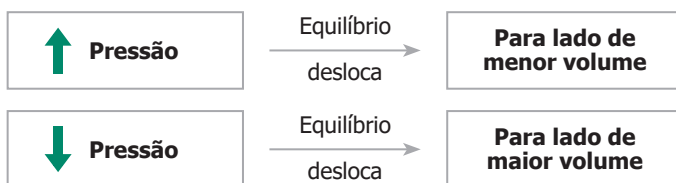
Deslocamento do equilíbrio

Fatores que deslocam o equilíbrio químico

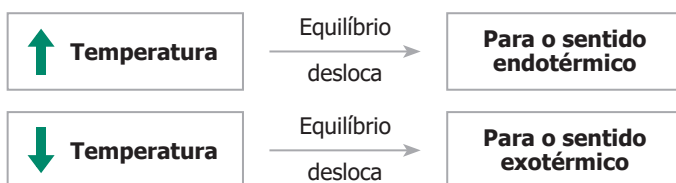
Concentração



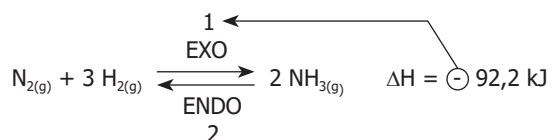
Pressão

Só para gases

Temperatura



→ Exemplo:

**Importante**

Catalisador não desloca o equilíbrio.



Equilíbrio iônico

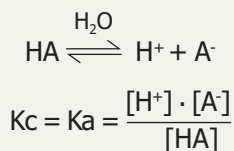
Equilíbrio iônico é um caso particular de equilíbrio químico, no qual aparecem íons.

Solução aquosa de ácidos

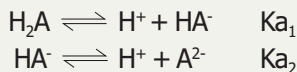
No equilíbrio dessas soluções, a constante de equilíbrio (Kc) pode ser representada por (Ka).

Ka → Constante de ionização de um ácido

ESQUEMA DE ÁCIDOS



Para ácidos com mais de um H+, temos uma constante de ionização para cada etapa.



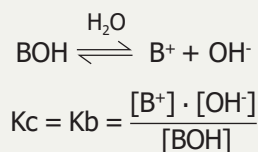
Sempre $K_{a1} > K_{a2} > \dots$

Solução aquosa de bases

No equilíbrio dessas soluções, a constante de equilíbrio (Kc) pode ser simbolizada por (Kb).

Kb → Constante de dissociação de uma base

ESQUEMA DE BASES

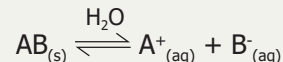


CONSTANTE DO PRODUTO DE SOLUBILIDADE (KPS OU KS)

Essa constante de equilíbrio permite a análise da solubilidade dos sais em um determinado solvente, que, normalmente, é a água.

Como todas as constantes de equilíbrio, o Kps varia com a temperatura, por isso a solubilidade dos sais sempre estará em função de uma temperatura.

Consideremos o esquema abaixo, que é formado por um determinado sal "AB":



Como sabemos, a parte constituída pelos íons representa a porção solubilizada do sal, enquanto a fração AB representa o sal não dissolvido. Como esse sal é sólido e de concentração constante após atingido o equilíbrio, então o Kps será expresso só pela parte solubilizada, assim:

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

Dessa forma, percebemos que o Kps é diretamente proporcional à solubilidade do sal. Portanto, temos que:

Quanto ↑ Kps ↑ Solubilidade do sal

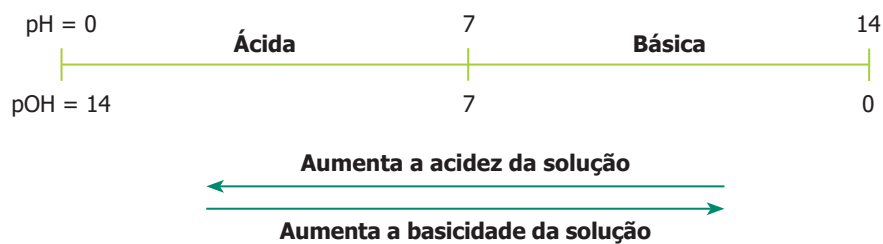
EFEITO DO ÍON COMUM NO DESLOCAMENTO DE EQUILÍBRIO

Quando adicionamos um determinado sal em um equilíbrio iônico (formado por íons), o íon presente no sal, que for comum a um participante do equilíbrio, causará o deslocamento desse sal.

pH e pOH



Escala de pH e pOH



$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

pH ou potencial hidrogeniônico pOH ou potencial hidroxiliônico

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

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

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

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

[H⁺] = concentração hidrogeniônica em mol/L.

[OH⁻] = concentração hidroxiliônica em mol/L.

HABILIDADES À PROVA 1

» Cálculos Estequiométricos

○ 1. (ENEM) O brasileiro consome em média 500 miligramas de cálcio por dia, quando a quantidade recomendada é o dobro. Uma alimentação balanceada é a melhor decisão para evitar problemas no futuro, como a osteoporose, uma doença que atinge os ossos. Ela se caracteriza pela diminuição substancial de massa óssea, tornando os ossos frágeis e mais suscetíveis a fraturas.

Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em: 1 ago. 2012 (adaptado).

Considerando-se o valor de $6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ para a constante de Avogadro e a massa molar do cálcio igual a 40 g/mol, qual a quantidade mínima diária de átomos de cálcio a ser ingerida para que uma pessoa supra suas necessidades?

- a) $7,5 \cdot 10^{21}$
- b) $1,5 \cdot 10^{22}$
- c) $7,5 \cdot 10^{23}$
- d) $1,5 \cdot 10^{25}$
- e) $4,8 \cdot 10^{25}$

○ 2. (ENEM) Aspartame é um edulcorante artificial (adoçante dietético) que apresenta potencial adoçante 200 vezes maior que o açúcar comum, permitindo seu uso em pequenas quantidades. Muito usado pela indústria alimentícia, principalmente nos refrigerantes *diet*, tem valor energético que corresponde a 4 calorias/grama. É contraindicado a portadores de fenilcetonúria, uma doença genética rara que provoca o acúmulo da fenilalanina no organismo, causando retardo mental. O IDA (índice diário aceitável) desse adoçante é 40 mg/kg de massa corpórea.

Disponível em: boaspraticasfarmaceuticas.blogspot.com. Acesso em: 27 fev. 2012.

Com base nas informações do texto, a quantidade máxima recomendada de aspartame, em mol, que uma pessoa de 70 kg de massa corporal pode ingerir por dia é mais próxima de: Dado: massa molar do aspartame = 294 g/mol.

- a) $1,3 \cdot 10^{-4}$
- b) $9,5 \cdot 10^{-3}$
- c) $4 \cdot 10^{-2}$
- d) 2,6
- e) 823

○ 3. (ENEM 2021) O consumo excessivo de sal de cozinha é responsável por várias doenças, entre elas a hipertensão arterial. O sal rosa é uma novidade culinária pelo seu baixo teor de sódio se comparado a de outros sais. Cada 1 g desse sal contém cerca de 230 mg de sódio contra os cerca de 400 mg de sódio encontrados nessa mesma quantidade de um sal de cozinha tradicional. Estima-se que no Brasil a dose diária de consumo de sal de cozinha seja de 12 g, e a dose máxima recomendada é de menos de 5 g por dia. Considere a massa molar do sódio igual a 23 g/mol.

MILL, J. G. et al. Estimativa do consumo de sal pela população brasileira: resultado da Pesquisa Nacional de Saúde 2013. Rev. Bras. Epidemiol., n. 22, 2019 (adaptado).

Considerando-se a dose estimada de consumo de sal de cozinha no Brasil, em 30 dias um indivíduo que substituir o sal de cozinha tradicional pelo sal rosa promove uma redução na quantidade de sódio ingerida, em mol, mais próxima de:

- a) 1,1.
- b) 2,7.
- c) 3,6.
- d) 6,3.
- e) 9,9.



○ 4. (ENEM) A toxicidade de algumas substâncias é normalmente representada por um índice conhecido como DL50 (dose letal mediana). Ele representa a dosagem aplicada a uma população de seres vivos que mata 50% desses indivíduos e é normalmente medido utilizando-se ratos como cobaias. Esse índice é muito importante para os seres humanos, pois, ao se extrapolar os dados obtidos com o uso de cobaias, pode-se determinar o nível tolerável de contaminação de alimentos, para que possam ser consumidos de forma segura pelas pessoas. O quadro apresenta três pesticidas e suas toxicidades. A unidade mg/kg indica a massa da substância ingerida pela massa da cobaia.

Pesticidas	DL ₅₀ (mg/kg)
Diazinon	70
Malation	1 000
Atrazina	3 100

Sessenta ratos, com massa de 200 g cada, foram divididos em três grupos de vinte. Três amostras de ração, contaminadas, cada uma delas com um dos pesticidas indicados no quadro, na concentração de 3 mg por grama de ração, foram administradas para cada grupo de cobaias. Cada rato consumiu 100 g de ração.

Qual(ais) grupo(s) terá(ão) uma mortalidade mínima de 10 ratos?

- a) O grupo que se contaminou somente com atrazina.
- b) O grupo que se contaminou somente com diazinon.
- c) Os grupos que se contaminaram com atrazina e malation.
- d) Os grupos que se contaminaram com diazinon e malation.
- e) Nenhum dos grupos contaminados com atrazina, diazinon e malation.



○ 5. (ENEM) No Japão, um movimento nacional para a promoção da luta contra o aquecimento global leva o *slogan*: 1 pessoa, 1 dia, 1 kg de CO₂ a menos! A ideia é cada pessoa reduzir em 1 kg a quantidade de CO₂ emitida todo dia, por meio de pequenos gestos ecológicos, como diminuir a queima de gás de cozinha. Um hambúrguer ecológico? É pra já!

Disponível em: lqes.iqm.unicamp.br. Acesso em: 24 fev. 2012 (adaptado).

Considerando um processo de combustão completa de um gás de cozinha composto exclusivamente por butano (C₄H₁₀), a mínima quantidade desse gás que um japonês deve deixar de queimar para atender à meta diária, apenas com esse gesto, é de:

Dados: CO₂ (44 g/mol); C₄H₁₀ (58 g/mol).

- a) 0,25 kg
- b) 0,33 kg
- c) 1,0 kg
- d) 1,3 kg
- e) 3,0 kg

○ 6. (ENEM) O flúor é usado de forma ampla na prevenção de cáries. Por reagir com a hidroxiapatita [Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂] presente nos esmaltes dos dentes, o flúor forma a fluorapatita [Ca₁₀(PO₄)₆F₂], um mineral mais resistente ao ataque ácido decorrente da ação de bactérias específicas presentes nos açúcares das placas que aderem aos dentes.

Disponível em: www.odontologia.com.br. Acesso em: 27 jul. 2010 (adaptado).

A reação de dissolução da hidroxiapatita é:



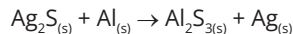
Dados: massas molares em g/mol – [Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂] = 1.004; HPO₄²⁻ = 96; Ca = 40.

Supondo-se que o esmalte dentário seja constituído exclusivamente por hidroxiapatita, o ataque ácido que dissolve completamente 1 mg desse material ocasiona a formação de, aproximadamente:

- a) 0,14 mg de íons totais.
- b) 0,40 mg de íons totais.
- c) 0,58 mg de íons totais.
- d) 0,97 mg de íons totais.
- e) 1,01 mg de íons totais.

○ 7. (ENEM) Objetos de prata sofrem escurecimento devido à sua reação com enxofre. Estes materiais recuperam seu brilho característico quando envoltos por papel alumínio e mergulhados em um recipiente contendo água quente e sal de cozinha.

A reação não balanceada que ocorre é:



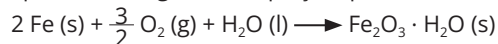
Dados da massa molar dos elementos (g mol⁻¹): Ag = 108; S = 32

UCKO, D. A. Química para as ciências da saúde: uma introdução à química geral, orgânica e biológica. São Paulo: Manole, 1995 (adaptado).

Utilizando o processo descrito, a massa de prata metálica que será regenerada na superfície de um objeto que contém 2,48 g de Ag₂S é:

- a) 0,54 g.
- b) 1,08 g.
- c) 1,91 g.
- d) 2,16 g.
- e) 3,82 g.

○ 8. (ENEM 2021) Um marceneiro esqueceu um pacote de pregos ao relento, expostos à umidade do ar e à chuva. Com isso, os pregos de ferro, que tinham a massa de 5,6 g cada, acabaram cobertos por uma camada espessa de ferrugem (Fe₂O₃ · H₂O), uma substância marrom insolúvel, produto da oxidação do ferro metálico, que ocorre segundo a equação química:



Considere as massas molares (g/mol): H = 1; O = 16; Fe = 56.

Qual foi a massa de ferrugem produzida ao se oxidar a metade (50%) de um prego?

- a) 4,45 g
- b) 8,90 g
- c) 17,80 g
- d) 72,00 g
- e) 144,00 g



○ 9. (ENEM) O carvão é um combustível que tem várias substâncias em sua composição. Em razão disso, quando é representada sua queima com o oxigênio (massa molar $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$), simplifica-se elaborando apenas a combustão completa do carbono (massa molar $12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$). De acordo com o conteúdo médio de carbono fixo, o carvão é classificado em vários tipos, com destaque para o antracito, que apresenta, em média, 90% de carbono. Esse elevado conteúdo favorece energeticamente a combustão, no entanto, libera maior quantidade de gás que provoca efeito estufa.

Supondo a queima completa de 100 g de carvão antracito, a massa de gás liberada na atmosfera é, em grama, mais próxima de:

- a) 90,0.
- b) 210,0.
- c) 233,3.
- d) 330,0.
- e) 366,7.

○ 10. (ENEM 2021) A obtenção de etanol utilizando a cana-de-açúcar envolve a fermentação dos monossacarídeos formados da sacarose contida no melão. Um desses formadores é a glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), cuja fermentação produz cerca de 50 g de etanol a partir de 100 g de glicose, conforme a equação química descrita.



Em uma condição específica de fermentação, obtém-se 80% de conversão em etanol que, após sua purificação, apresenta densidade igual a 0,80 g/mL. O melão utilizado apresentou 50 kg de monossacarídeos na forma de glicose.

O volume de etanol, em litro, obtido nesse processo é mais próximo de:

- a) 16.
- b) 20.
- c) 25.
- d) 64.
- e) 100.

○ 11. (ENEM 2021) A presença de substâncias ricas em enxofre em áreas de mineração provoca preocupantes impactos ambientais. Um exemplo dessas substâncias é a pirita (FeS_2), que, em contato com o oxigênio atmosférico, reage formando uma solução aquosa ferruginosa, conhecida como drenagem ácida de minas, segundo a equação química:



Em situações críticas, nas quais a concentração do ácido sulfúrico atinge 9,8 g/L, o pH alcança valores menores que 1,0. Uma forma de reduzir o impacto da drenagem ácida de minas é tratá-la com calcário (CaCO_3). Considere que uma amostra comercial de calcário, com pureza igual a 50% em massa, foi disponibilizada para o tratamento.

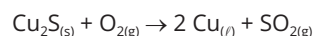
FIGUEIREDO, B. R. Minérios e ambientes. Campinas: Unicamp, 2000 (adaptado).

Qual é a massa de calcário, em gramas, necessária para neutralizar um litro de drenagem ácida de minas, em seu estado crítico, sabendo-se que as massas molares do CaCO_3 e do H_2SO_4 são iguais a 100 g/mol e 98 g/mol, respectivamente?

- a) 0,2
- b) 5,0
- c) 10,0
- d) 20,0
- e) 200,0



○ 12. (ENEM) O cobre presente nos fios elétricos e de instrumentos musicais é obtido a partir da ustulação do minério calcosita (Cu_2S). Durante esse processo, ocorre o aquecimento desse sulfeto na presença de oxigênio, de forma que o cobre fique “livre” e o enxofre se combine com o O_2 produzindo SO_2 , conforme a equação química:



As massas molares dos elementos Cu e S são, respectivamente, iguais a 63,5 g/mol e 32 g/mol.

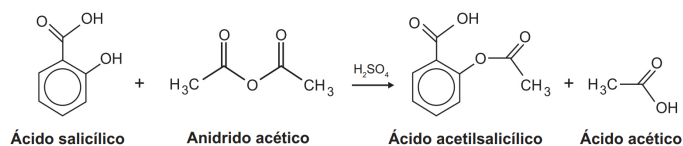
CANTO, E. L. Minerais, minérios, metais: de onde vêm?, para onde vão? São Paulo: Moderna, 1996 (adaptado).

Considerando que se queira obter 16 mols do metal em uma reação cujo rendimento é de 80%, a massa, em gramas, do minério necessária para obtenção do cobre é igual a:

- a) 955
- b) 1.018
- c) 1.590
- d) 2.035
- e) 3.180



○ 13. (ENEM) O ácido acetilsalicílico, AAS (massa molar igual a 180 g/mol), é sintetizado a partir da reação do ácido salicílico (massa molar igual a 138 g/mol) com anidrido acético, usando-se ácido sulfúrico como catalisador, conforme a equação química:



Após a síntese, o AAS é purificado, e o rendimento final é de aproximadamente 50%. Devido às suas propriedades farmacológicas (antitérmico, analgésico, anti-inflamatório e antitrombótico), o AAS é utilizado como medicamento na forma de comprimidos, nos quais se emprega tipicamente uma massa de 500 mg dessa substância.

Uma indústria farmacêutica pretende fabricar um lote de 900 mil comprimidos, de acordo com as especificações do texto. Qual é a massa de ácido salicílico, em kg, que deve ser empregada para esse fim?

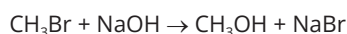
- a) 293
- b) 345
- c) 414
- d) 690
- e) 828



○ 14. (ENEM) A minimização do tempo e do custo de uma reação química, bem como o aumento na sua taxa de conversão, caracterizam a eficiência de um processo químico. Como consequência, produtos podem chegar ao consumidor mais baratos. Um dos parâmetros que mede a eficiência de uma reação química é o seu rendimento molar (R, em %), definido como

$$R = \frac{n_{\text{produto}}}{n_{\text{reagente limitante}}} \times 100$$

em que **n** corresponde ao número de mols. O metanol pode ser obtido pela reação entre brometo de metila e hidróxido de sódio, conforme a equação química:

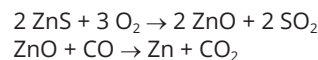


As massas molares (em g/mol) desses elementos são: H = 1; C = 12; O = 16; Na = 23; Br = 80.

O rendimento molar da reação, em que 32 g de metanol foram obtidos a partir de 142,5 g de brometo de metila e 80 g de hidróxido de sódio, é mais próximo de:

- a) 22%
- b) 40%
- c) 50%
- d) 67%
- e) 75%

○ 15. (ENEM) Para proteger estruturas de aço da corrosão, a indústria utiliza uma técnica chamada galvanização. Um metal bastante utilizado nesse processo é o zinco, que pode ser obtido a partir de um minério denominado esfalerita (ZnS), de pureza 75%. Considere que a conversão do minério em zinco metálico tem rendimento de 80% nesta sequência de equações químicas:



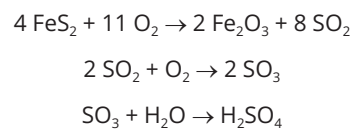
Considere as massas molares: ZnS (97 g/mol); O₂ (32 g/mol); ZnO (81 g/mol); SO₂ (64 g/mol); CO (28 g/mol); CO₂ (44 g/mol); e Zn (65 g/mol).

Que valor mais próximo de massa de zinco metálico, em quilogramas, será produzido a partir de 100 kg de esfalerita?

- a) 25
- b) 33
- c) 40
- d) 50
- e) 54

○ 16. (ENEM) Na busca por ouro, os garimpeiros se confundem facilmente entre o ouro verdadeiro e o chamado ouro de tolo, que tem em sua composição 90% de um minério chamado pirita (FeS₂). Apesar do engano, a pirita não é descartada, pois é utilizada na produção do ácido sulfúrico, que ocorre com rendimento global de 90%, conforme as equações químicas apresentadas.

Considere as massas molares: FeS₂ (120g/mol), O₂ (32g/mol), Fe₂O₃ (160g/mol), SO₂ (64g/mol), SO₃ (80g/mol), H₂O (18g/mol), H₂SO₄ (98g/mol).



Qual é o valor mais próximo da massa de ácido sulfúrico, em quilograma, que será produzida a partir de 2,0 kg de ouro de tolo?

- a) 0,33
- b) 0,41
- c) 2,6
- d) 2,9
- e) 3,3



○ 17. (ENEM) No Brasil, os postos de combustíveis comercializavam uma gasolina com cerca de 22% de álcool anidro. Na queima de 1 litro desse combustível, são liberados cerca de 2 kg de CO_2 na atmosfera. O plantio de árvores pode atenuar os efeitos dessa emissão de CO_2 . A quantidade de carbono fixada por uma árvore corresponde a aproximadamente 50% de sua biomassa seca, e, para cada 12 g de carbono fixados, 44 g de CO_2 são retirados da atmosfera. No Brasil, o plantio de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) é bem difundido, sendo que, após 11 anos, essa árvore pode ter a massa de 106 kg, dos quais 29 kg são água.

Uma única árvore de *Eucalyptus grandis*, com as características descritas, é capaz de fixar a quantidade de CO_2 liberada na queima de um volume dessa gasolina mais próxima de:

- a) 19 L.
- b) 39 L.
- c) 71 L.
- d) 97 L.
- e) 141 L.

○ 18. (ENEM 2020) O crescimento da frota de veículos em circulação no mundo tem levado à busca e desenvolvimento de tecnologias que permitam minimizar emissões de poluentes atmosféricos. O uso de veículos elétricos é uma das propostas mais propagandeadas por serem de emissão zero. Podemos comparar a emissão de carbono na forma de CO_2 (massa molar igual a 44 g mol^{-1}) para os dois tipos de carros (a combustão e elétrico). Considere que os veículos tradicionais a combustão, movidos a etanol (massa molar igual a 46 g mol^{-1}), emitem uma média de 2,6 mol de CO_2 por quilômetro rodado, e os elétricos emitem o equivalente a 0,45 mol de CO_2 por quilômetro rodado (considerando as emissões na geração e transmissão da eletricidade). A reação de combustão do etanol pode ser representada pela equação química:



Foram analisadas as emissões de CO_2 envolvidas em dois veículos, um movido a etanol e outro elétrico, em um mesmo trajeto de 1.000 km.

CHIARADIA, C. A. Estudo da viabilidade da implantação de frotas de veículos elétricos e híbridos elétricos no atual cenário econômico, político, energético e ambiental brasileiro. Guaratinguetá: Unesp, 2015 (adaptado).

A quantidade equivalente de etanol economizada, em quilograma, com o uso do veículo elétrico nesse trajeto, é mais próxima de:

- a) 50.
- b) 60.
- c) 95.
- d) 99.
- e) 120.



○ 19. (ENEM 2020) A combustão completa de combustíveis fósseis produz água e dióxido de carbono (CO_2 , massa molar 44 g mol^{-1}). A União Europeia estabeleceu, desde 2012, limite de emissão veicular de 130 g de CO_2 por quilômetro rodado (valor aplicável a uma média de veículos de um mesmo fabricante), tendo como penalidade multa, caso o fabricante ultrapasse a meta. A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos com cerca de oito carbonos em sua composição, incluindo isômeros do octano (C_8H_{18}). Considere que em uma cidade o consumo médio diário dos carros de um fabricante seja de 10 km L^{-1} de gasolina, formada apenas por octano (massa molar 114 g mol^{-1}) e que sua densidade seja $0,70 \text{ kg L}^{-1}$.

A diferença de emissão de CO_2 dos carros desse fabricante em relação ao limite estabelecido na União Europeia é:

- a) 80% menor.
- b) 60% menor.
- c) 46% menor.
- d) 108% maior.
- e) 66% maior.

○ 20. (ENEM 2023) Existe no comércio um produto antimoho constituído por uma embalagem com tampa perfurada contendo cloreto de cálcio anidro, CaCl_2 . Uma vez aberto o lacre, essa substância absorve a umidade ambiente, transformando-se em cloreto de cálcio di-hidratado, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

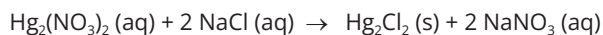
Considere a massa molar da água igual a 18 g mol^{-1} , e a massa molar do cloreto de cálcio anidro igual a 111 g mol^{-1} .

Na hidratação da substância presente no antimoho, o ganho percentual, em massa, é mais próximo de

- a) 14%
- b) 16%
- c) 24%
- d) 32%
- e) 75%



○ **21. (ENEM 2023)** Um assistente de laboratório precisou descartar sete frascos contendo solução de nitrato de mercúrio(I) que não foram utilizados em uma aula prática. Cada frasco continha 5,25 g de $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ dissolvidos em água. Temendo a toxidez do mercúrio e sabendo que o Hg_2Cl_2 tem solubilidade muito baixa, o assistente optou por retirar o mercúrio da solução por precipitação com cloreto de sódio (NaCl), conforme a equação química:

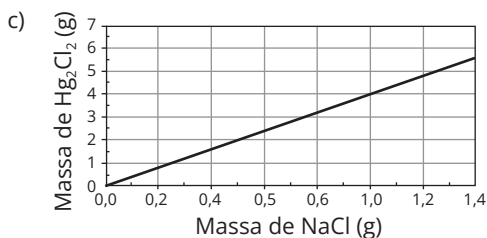
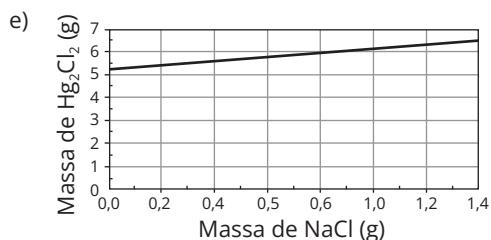
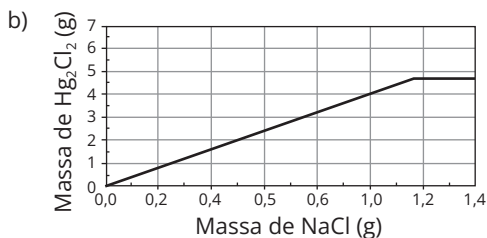
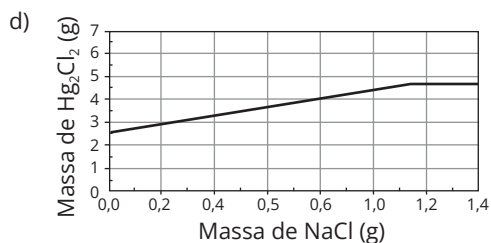
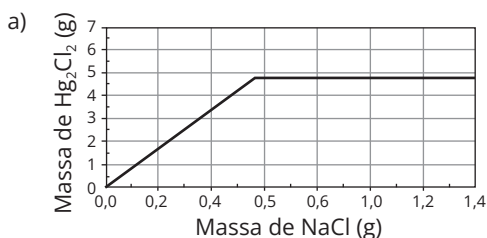


Na dúvida sobre a massa de NaCl a ser utilizada, o assistente aumentou gradativamente a quantidade adicionada em cada frasco, como apresentado no quadro.

Frasco	I	II	III	IV	V	VI	VII
Massa de NaCl em grama (g)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4

O produto obtido em cada experimento foi filtrado, secado e teve sua massa aferida. O assistente organizou os resultados na forma de um gráfico que correlaciona a massa de NaCl adicionada com a massa de Hg_2Cl_2 obtida em cada frasco. A massa molar do $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ é 525 g mol^{-1} , a do NaCl é 58 g mol^{-1} e a do Hg_2Cl_2 é 472 g mol^{-1} .

Qual foi o gráfico obtido pelo assistente de laboratório?

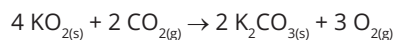


○ **22. (UFSM)** Na composição de um medicamento antianêmico, a quantidade necessária de princípio ativo $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, para que se obtenha 10 mg de Fe^{2+} é, aproximadamente,

- a) 49,8 mg
- b) 277,9 mg
- c) 55,8 mg
- d) 11,1 mg
- e) 15,1 mg



○ 23. (UFSM) As máscaras de oxigênio contêm dióxido de potássio sólido que reage com o gás carbônico eliminado pelas pessoas que as utilizam. Essa reação é expressa pela equação:



Em uma máscara que contém 56,88 g de $\text{KO}_{2(s)}$, o volume de O_2 que será liberado nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP) e volume molar de 22,4 L, é, aproximadamente,

- a) 13,4 L
- b) 17,9 L
- c) 22,4 L
- d) 44,8 L
- e) 67,2 L

○ 24. (UFSM) Para escrever "Universidade Federal de Santa Maria" foram gastos 0,08 g de grafite. O número aproximado de átomos de carbono contido nessa massa é

- a) $8,00 \times 10^{23}$
- b) $6,02 \times 10^{23}$
- c) $4,81 \times 10^{23}$
- d) $2,48 \times 10^{23}$
- e) $0,04 \times 10^{23}$



HABILIDADES À PROVA 2

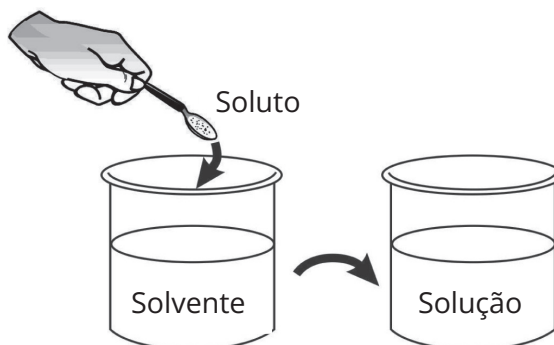
» Soluções

○ 1. (ENEM) Além de ser uma prática ilegal, a adulteração de combustíveis é prejudicial ao meio ambiente, ao governo e, especialmente, ao consumidor final. Em geral, essa adulteração é feita utilizando compostos com propriedades físicas semelhantes às do combustível, mas de menor valor agregado.

Considerando um combustível com 20% de adulterante, a mistura em que a adulteração seria identificada visualmente é:

- a) etanol e água.
- b) etanol e acetona.
- c) gasolina e água.
- d) gasolina e benzeno.
- e) gasolina e querosene.

○ 2. (ENEM) Ao colocar um pouco de açúcar na água e mexer até a obtenção de uma só fase, prepara-se uma solução. O mesmo acontece ao se adicionar um pouquinho de sal à água e misturar bem. Uma substância capaz de dissolver o soluto é denominada solvente; por exemplo, a água é um solvente para o açúcar, para o sal e para várias outras substâncias. A figura a seguir ilustra essa situação.

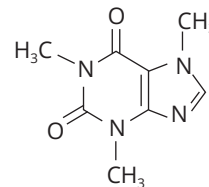


Disponível em: www.sobiologia.com.br. Acesso em: 27 abr. 2010.

Suponha que uma pessoa, para adoçar seu cafezinho, tenha utilizado 3,42 g de sacarose (massa molar igual a 342 g/mol) para uma xícara de 50 mL do líquido. Qual é a concentração final, em mol/L, de sacarose nesse cafezinho?

- a) 0,02
- b) 0,2
- c) 2
- d) 200
- e) 2.000

○ 3. (ENEM) A cafeína é um alcaloide, identificado como 1,3,7-trimetilxantina (massa molar igual a 194 g/mol), cuja estrutura química contém uma unidade de purina, conforme representado. Esse alcaloide é encontrado em grande quantidade nas sementes de café e nas folhas de chá-verde. Uma xícara de café contém, em média, 80 mg de cafeína.



MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A. Cafeína: revisão sobre métodos de análise. Química Nova, nº 1, 2007 (adaptado).

Considerando que a xícara descrita contém um volume de 200 mL de café, a concentração, em mol/L, de cafeína nessa xícara é mais próxima de:

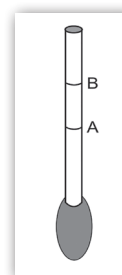
- a) 0,0004
- b) 0,002
- c) 0,4
- d) 2
- e) 4

○ 4. (ENEM) Um estudante construiu um densímetro, esquemático na figura, utilizando um canudinho e massa de modelar. O instrumento foi calibrado com duas marcas de flutuação, utilizando água (marca A) e etanol (marca B) como referências.

Em seguida, o densímetro foi usado para avaliar cinco amostras: vinagre, leite integral, gasolina (sem álcool anidro), soro fisiológico e álcool comercial (92,8°GL).

Que amostra apresentará marca de flutuação entre os limites A e B?

- a) Vinagre.
- b) Gasolina.
- c) Leite Integral.
- d) Soro fisiológico.
- e) Álcool comercial.

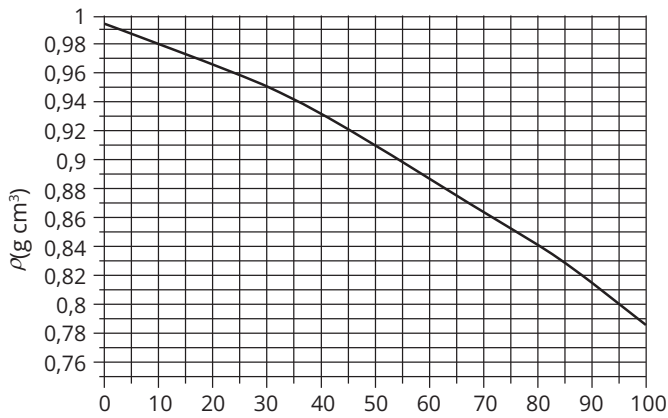


○ 5. (ENEM) O álcool utilizado como combustível automotivo (etanol hidratado) deve apresentar uma taxa máxima de água em sua composição para não prejudicar o funcionamento do motor. Uma maneira simples e rápida de estimar a quantidade de etanol nas misturas com água é medir a densidade da mistura. O gráfico mostra a variação da densidade da mistura (água e etanol) com a fração percentual da massa de etanol (f_e), dada pela expressão

$$f_e = 100 \cdot \frac{m_e}{m_e + m_a}$$

em que m_e e m_a são as massas de etanol e de água na mistura, respectivamente, a uma temperatura de 20°C.





Suponha que, em uma inspeção de rotina realizada em determinado posto, tenha-se verificado que 50,0 cm³ de álcool combustível tenham massa igual a 45,0 g. Qual é a fração percentual de etanol nessa mistura?

- a) 7%
- b) 10%
- c) 55%
- d) 90%
- e) 93%

○ 6. (ENEM 2022) O etanol é um combustível produzido a partir da fermentação da sacarose presente no caldo de cana-de-açúcar. Um dos fatores que afeta a produção desse álcool é o grau de deterioração da sacarose, que se inicia após o corte, por causa da ação de microrganismos. Foram analisadas cinco amostras de diferentes tipos de cana-de-açúcar e cada uma recebeu um código de identificação. No quadro são apresentados os dados de concentração de sacarose e de microrganismos presentes nessas amostras.

	Amostra de cana-de-açúcar				
	RB72	RB84	RB92	SP79	SP80
Concentração inicial de sacarose (g L ⁻¹)	13,0	18,0	16,0	14,0	17,0
Concentração de microrganismos (mg L ⁻¹)	0,7	0,8	0,6	0,5	0,9

Pretende-se escolher o tipo de cana-de-açúcar que conterá o maior teor de sacarose 10 horas após o corte e que, conseqüentemente, produzirá a maior quantidade de etanol por fermentação. Considere que existe uma redução de aproximadamente 50% da concentração de sacarose nesse tempo, para cada 1,0 mg L⁻¹ de microrganismos presentes na cana-de-açúcar.

Disponível em: www.inovacao.unicamp.br. Acesso em: 11 ago. 2012 (adaptado).

Qual tipo de cana-de-açúcar deve ser escolhido?

- a) RB72
- b) RB84
- c) RB92
- d) SP79
- e) SP80

○ 7. (ENEM) Os exageros do final de semana podem levar o indivíduo a um quadro de azia. A azia pode ser descrita como uma sensação de queimação no esôfago, provocada pelo desbalançamento do pH estomacal (excesso de ácido clorídrico). Um dos antiácidos comumente empregados no combate à azia é o leite de magnésia.

O leite de magnésia possui 64,8 g de hidróxido de magnésio (Mg(OH)₂) por litro da solução. Qual a quantidade de ácido neutralizado ao se ingerir 9 mL de leite de magnésia?

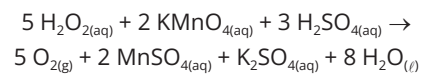
Dados: Massas molares (em g · mol⁻¹): Mg = 24,3; Cl = 35,4; O = 16; H = 1.

- a) 20 mol
- b) 0,58 mol
- c) 0,2 mol
- d) 0,02 mol
- e) 0,01 mol



○ 8. (ENEM) O peróxido de hidrogênio é comumente utilizado como antisséptico e alvejante. Também pode ser empregado em trabalhos de restauração de quadros enegrecidos e no clareamento de dentes. Na presença de soluções ácidas de oxidantes, como o permanganato de potássio, esse óxido decompõe-se, conforme a equação a seguir:

ROCHA-FILHO, R. C. R.; SILVA, R. R. Introdução aos Cálculos da Química. São Paulo: McGraw-Hill, 1992.



De acordo com a estequiometria da reação descrita, a quantidade de permanganato de potássio necessária para reagir completamente com 20,0 mL de uma solução 0,1 mol/L de peróxido de hidrogênio é igual a:

- a) 2,0 · 10⁰ mol
- b) 2,0 · 10⁻³ mol
- c) 8,0 · 10⁻¹ mol
- d) 8,0 · 10⁻⁴ mol
- e) 5,0 · 10⁻³ mol



○ **9. (ENEM)** O vinagre vem sendo usado desde a Antiguidade como conservante de alimentos, bem como agente de limpeza e condimento. Um dos principais componentes do vinagre é o ácido acético (massa molar 60 g/mol), cuja faixa de concentração deve se situar entre 4% a 6% (m/v). Em um teste de controle de qualidade, foram analisadas cinco marcas de diferentes vinagres, e as concentrações de ácido acético, em mol/L, se encontram no quadro.

Amostra	Concentração de ácido acético (mol/L)
1	0,007
2	0,070
3	0,150
4	0,400
5	0,700

RIZZON, L. A. Sistema de produção de vinagre. Disponível em: www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 14 ago. 2012 (adaptado).

A amostra de vinagre que se encontra dentro do limite de concentração tolerado é a:

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

○ **10. (ENEM)** O pó de café jogado no lixo caseiro e, principalmente, as grandes quantidades descartadas em bares e restaurantes poderão se transformar em uma nova opção de matéria-prima para a produção de biodiesel, segundo estudo da Universidade de Nevada (EUA). No mundo, são cerca de 8 bilhões de quilogramas de pó de café jogados no lixo por ano. O estudo mostra que o café descartado tem 15% de óleo, o qual pode ser convertido em biodiesel pelo processo tradicional. Além de reduzir significativamente emissões prejudiciais, após a extração do óleo, o pó de café é ideal como produto fertilizante para jardim.

Considere o processo descrito e a densidade do biodiesel igual a 900 kg/m³. A partir da quantidade de pó de café jogada no lixo por ano, a produção de biodiesel seria equivalente a:

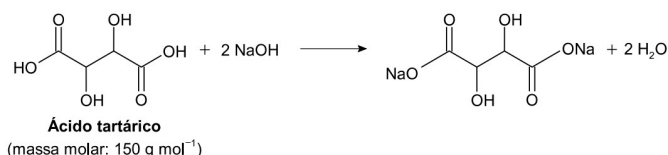
- a) 1,08 bilhões de litros.
- b) 1,20 bilhões de litros.
- c) 1,33 bilhões de litros.
- d) 8,00 bilhões de litros.
- e) 8,80 bilhões de litros.

○ **11. (ENEM)** Nos municípios onde foi detectada a resistência do *Aedes aegypti*, o larvicida tradicional será substituído por outro com concentração de 10% (v/v) de um novo princípio ativo. A vantagem desse segundo larvicida é que uma pequena quantidade da emulsão apresenta alta capacidade de atuação, o que permitirá a condução de baixo volume de larvicida pelo agente de combate às endemias. Para evitar erros de manipulação, esse novo larvicida será fornecido em frascos plásticos e, para uso em campo, todo o seu conteúdo deve ser diluído em água até o volume final de um litro. O objetivo é obter uma concentração final de 2% em volume do princípio ativo.

Que volume de larvicida deve conter o frasco plástico?

- a) 10 mL
- b) 50 mL
- c) 100 mL
- d) 200 mL
- e) 500 mL

○ **12. (ENEM 2022)** O ácido tartárico é o principal ácido do vinho e está diretamente relacionado com sua qualidade. Na avaliação de um vinho branco em produção, uma analista neutralizou uma alíquota de 25,0 mL do vinho com NaOH a 0,10 mol L⁻¹, consumindo um volume igual a 8,0 mL dessa base. A reação para esse processo de titulação é representada pela equação química:



A concentração de ácido tartárico no vinho analisado é mais próxima de:

- a) 1,8 g L⁻¹
- b) 2,4 g L⁻¹
- c) 3,6 g L⁻¹
- d) 4,8 g L⁻¹
- e) 9,6 g L⁻¹

○ **13. (ENEM)** Para cada litro de etanol produzido em uma indústria de cana-de-açúcar, são gerados cerca de 18 L de vinhaça, que é utilizada na irrigação das plantações de cana-de-açúcar, já que contém teores médios de nutrientes N, P e K iguais a 357 mg/L, 60 mg/L e 2.034 mg/L, respectivamente.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso da vinhaça e impactos na propriedade do solo e lençol freático. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, nº 1, 2007 (adaptado).

Na produção de 27.000 L de etanol, a quantidade total de fósforo, em kg, disponível na vinhaça será mais próximo de:

- a) 1
- b) 29
- c) 60
- d) 170
- e) 1.000



14. (ENEM) A hidroponia pode ser definida como uma técnica de produção de vegetais sem necessariamente a presença de solo. Uma das formas de implementação é manter as plantas com suas raízes suspensas em meio líquido, de onde retiram os nutrientes essenciais. Suponha que um produtor de rúcula hidroponica precise ajustar a concentração do íon nitrato (NO_3^-) para 0,009 mol/L em um tanque de 5.000 litros e, para tanto, tem em mãos uma solução comercial nutritiva de nitrato de cálcio 90 g/L. As massas molares dos elementos N, O e Ca são iguais a 14 g/mol, 16 g/mol e 40 g/mol, respectivamente.

Qual o valor mais próximo do volume da solução nutritiva, em litros, que o produtor deve adicionar ao tanque?

- a) 26
- b) 41
- c) 45
- d) 51
- e) 82

15. (UFSM) Tem-se uma série de soluções de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, cuja massa molar é igual a 270 g/mol. Sabendo que, em 100 mL, 200 mL, 300 mL e 400 mL de água, estão contidos, respectivamente, 2,7 g, 5,4 g, 8,1 g e 10,8 g desse sal, a molaridade das substâncias obtidas é, respectivamente,

- a) 1; 2; 3; 4
- b) 0,1; 0,1; 0,1; 0,1
- c) 2,7; 5,4; 8,1; 10,8
- d) 0,1; 0,2; 0,3; 0,4
- e) 0,27; 0,54; 0,81; 1,08

16. (UFSM) A quantidade de 200 mL de uma solução de glicose contendo 250 g/L de glicose foi diluída a 0,5 L. A concentração final da solução diluída, em g/L, é

- a) 0,4
- b) 40
- c) 100
- d) 625
- e) 100.000

17. (UFSM) Para neutralizar 20 mL de uma amostra de vinagre comercial, foram gastos 5 mL de NaOH 0,1 mol. L^{-1} . A concentração do ácido acético, nessa amostra, é de

- a) 0,05 mol. L^{-1}
- b) 0,15 mol. L^{-1}
- c) 0,25 mol. L^{-1}
- d) 0,015 mol. L^{-1}
- e) 0,025 mol. L^{-1}

18. (UFSM) O cloreto de sódio é um componente essencial do soro fisiológico que é usado em várias diluições, de acordo com a necessidade terapêutica.

Adicionando-se 300 mL de água a 500 mL de uma solução aquosa de cloreto de sódio 2%, a concentração obtida será de

- a) 1,25%
- b) 1,50%
- c) 1,75%
- d) 2,25%
- e) 2,50%

19. (UFSM) Há, no laboratório, 3 frascos com ácido clorídrico, nos volumes e concentrações seguintes:

- 1° - 50 mL de HCl 2 mol/L
- 2° - 20 mL de HCl 5 mol/L
- 3° - 100 mL de HCl 3 mol/L

Juntam-se os volumes dos 3 frascos de HCl em um balão volumétrico de 200 mL, completando-o com água desionizada. Qual a concentração, em mol/L, dessa nova solução resultante da mistura dos 3 frascos?

- a) 2,0
- b) 2,5
- c) 3,0
- d) 5,0
- e) 10



HABILIDADES À PROVA 3

» Propriedades Coligativas

○ 1. (ENEM) Osmose é um processo espontâneo que ocorre em todos os organismos vivos e é essencial à manutenção da vida. Uma solução 0,15 mol/L de NaCl (cloreto de sódio) possui a mesma pressão osmótica das soluções presentes nas células humanas.

A imersão de uma célula humana em uma solução 0,20 mol/L de NaCl tem, como consequência, a:

- a) adsorção de íons Na^+ sobre a superfície da célula.
- b) difusão rápida de íons Na^+ para o interior da célula.
- c) diminuição da concentração das soluções presentes na célula.
- d) transferência de íons Na^+ da célula para a solução.
- e) transferência de moléculas de água do interior da célula para a solução.

○ 2. (ENEM) Sob pressão normal (ao nível do mar), a água entra em ebulição à temperatura de 100°C. Tendo por base essa afirmação, um garoto residente em uma cidade litorânea fez a seguinte experiência:

- colocou uma caneca metálica contendo água no fogareiro do fogão de sua casa;

- quando a água começou a ferver, encostou, cuidadosamente, a extremidade mais estreita de uma seringa de injeção, desprovida de agulha, na superfície do líquido e, erguendo o êmbolo da seringa, aspirou certa quantidade de água para seu interior, tampando-a em seguida;

- verificando após alguns instantes que a água da seringa havia parado de ferver, ele ergueu o êmbolo da seringa, constatando, intrigado, que a água voltou a ferver após um pequeno deslocamento do êmbolo.

Considerando o procedimento anterior, a água volta a ferver porque esse deslocamento:

- a) permite a entrada de calor do ambiente externo para o interior da seringa.
- b) provoca, por atrito, um aquecimento da água contida na seringa.
- c) produz um aumento de volume que aumenta o ponto de ebulição da água.
- d) proporciona uma queda de pressão no interior da seringa que diminui o ponto de ebulição da água.
- e) possibilita uma diminuição da densidade da água que facilita sua ebulição.

○ 3. (ENEM) Alguns tipos de dessalinizadores usam o processo de osmose reversa para obtenção de água potável a partir da água salgada. Nesse método, utiliza-se um recipiente contendo dois compartimentos separados por uma membrana semipermeável: em um deles, coloca-se água salgada e, no outro, recolhe-se a água potável. A aplicação de pressão mecânica no sistema faz a água fluir de um compartimento para o outro. O movimento das moléculas de água através da membrana é controlado pela pressão osmótica e pela pressão mecânica aplicada.

Para que ocorra esse processo, é necessário que as resultantes das pressões osmótica e mecânica apresentem:

- a) mesmo sentido e mesma intensidade.
- b) sentidos opostos e mesma intensidade.
- c) sentidos opostos e maior intensidade da pressão osmótica.
- d) mesmo sentido e maior intensidade da pressão osmótica.
- e) sentidos opostos e maior intensidade da pressão mecânica.



○ 4. (ENEM) Bebidas podem ser refrigeradas de modo mais rápido utilizando-se caixas de isopor contendo e gelo um pouco de sal grosso comercial. Nesse processo ocorre o derretimento do gelo com consequente formação de líquido e resfriamento das bebidas. Uma interpretação equivocada, baseada no senso comum, relaciona esse efeito à grande capacidade do sal grosso de remover calor do gelo.

Do ponto de vista científico, o resfriamento rápido ocorre em razão da:

- a) variação da solubilidade do sal.
- b) alteração da polaridade da água.
- c) elevação da densidade do líquido.
- d) modificação da viscosidade do líquido.
- e) diminuição da temperatura de fusão do líquido.

○ 5. (ENEM) Em regiões desérticas, a obtenção de água potável não pode depender apenas da precipitação. Nesse sentido, portanto, sistemas para dessalinização da água do mar têm sido uma solução. Alguns desses sistemas consistem basicamente de duas câmaras (uma contendo água doce e outra contendo água salgada) separadas por uma membrana semipermeável. Aplicando-se pressão na câmara com água salgada, a água pura é forçada a passar através da membrana para a câmara contendo água doce.

O processo descrito para a purificação da água é denominado:

- a) filtração.
- b) adsorção.
- c) destilação.
- d) troca iônica.
- e) osmose reversa.



○ 6. (UFSM 2024) “Os tipos de água mais conhecidos na região amazônica são: água preta, água clara e água branca. A água preta é pobre em sais minerais, nutrientes e eletrólitos devido à pouca movimentação e ao suave relevo das suas regiões de origem.”

Fonte: DAL PONT, G. Características físicas e químicas dos rios amazônicos. In: *Divulgação Científica*, Notícias. GIA. Curitiba, PR. Publicado em: 20 abr. 2021. Disponível em: <<https://gia.org.br/portal/caracteristicas-fisicas-e-quimicas-dos-rios-amazonicos/>>. Acesso em: 09 out. 2023.

Assinale V (verdadeiro) ou F (falso) em cada afirmativa a seguir.

- () A água preta tem pressão de vapor menor que a água pura devido à presença de sais.
- () A ebulição da água preta ocorre em temperatura menor que 100 °C.
- () A análise crioscópica da água preta apresenta temperatura de fusão maior que a água pura.

A sequência correta é

- a) F – V – F.
- b) F – F – V.
- c) F – V – V.
- d) V – F – F.
- e) V – V – F.



HABILIDADES À PROVA 4

» Termoquímica

○ 1. (ENEM) As mobilizações para promover um planeta melhor para as futuras gerações são cada vez mais frequentes. A maior parte dos meios de transportes de massa é, atualmente, movida pela queima de um combustível fóssil. A título de exemplificação do ônus causado por essa prática, basta saber que um carro produz, em média, cerca de 200 g de dióxido de carbono por km percorrido.

Revista Aquecimento Global. Ano 2, nº 08. Publicação do Instituto Brasileiro de Cultura Ltda.

Um dos principais constituintes da gasolina é o octano (C_8H_{18}). Por meio da combustão do octano, é possível a liberação de energia, permitindo que o carro entre em movimento. A equação que representa a reação química desse processo demonstra que:

- no processo há liberação de oxigênio, sob a forma de O_2 .
- o coeficiente estequiométrico para a água é de 8 para 1 do octano.
- no processo há consumo de água, para que haja liberação de energia.
- o coeficiente estequiométrico para o oxigênio é de 12,5 para 1 do octano.
- o coeficiente estequiométrico para o gás carbônico é de 9 para 1 octano.

○ 2. (ENEM) O abastecimento de nossas necessidades energéticas futuras dependerá certamente do desenvolvimento de tecnologias para aproveitar a energia solar com maior eficiência. A energia solar é a maior fonte de energia mundial. Em um dia ensolarado, por exemplo, aproximadamente 1 kJ de energia solar atinge cada metro quadrado de superfície terrestre por segundo. No entanto, o aproveitamento dessa energia é difícil porque ela é diluída (distribuída por uma área muito extensa) e oscila com o horário e as condições climáticas. O uso efetivo da energia solar depende de formas de estocar a energia coletada para o uso posterior.

BROWN, T. Química e Ciência Central. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Atualmente, uma das formas de se utilizar a energia solar tem sido armazená-la por meio de processos químicos endotérmicos que mais tarde podem ser revertidos para liberar calor. Considerando a reação: $CH_{4(g)} + H_2O_{(v)} + \text{calor} \rightleftharpoons CO_{(g)} + 3 H_{2(g)}$ e analisando-a como potencial mecanismo para aproveitamento posterior da energia solar, conclui-se que se trata de uma estratégia:

- insatisfatória, pois a reação apresentada não permite que a energia presente no meio externo seja absorvida pelo sistema para ser utilizada posteriormente.
- insatisfatória, uma vez que há formação de gases poluentes e com potencial poder explosivo, tornando-a uma reação perigosa e de difícil controle.
- insatisfatória, uma vez que há formação do gás CO que não possui conteúdo energético passível de ser aproveitado posteriormente e é considerado um gás poluente.
- satisfatória, uma vez que a reação direta ocorre com absorção de calor e promove a formação das substâncias combustíveis que poderão ser utilizadas posteriormente para a obtenção de energia e realização de trabalho útil.

e) satisfatória, uma vez que a reação direta ocorre com liberação de calor havendo ainda a formação das substâncias combustíveis que poderão ser utilizadas posteriormente para a obtenção de energia e realização de trabalho útil.

○ 3. (ENEM) Nas últimas décadas, o efeito estufa tem-se intensificado de maneira preocupante, sendo esse efeito muitas vezes atribuído à intensa liberação de CO_2 durante a queima de combustíveis fósseis para geração de energia. O quadro traz as entalpias-padrão de combustão a $25^\circ C$ (ΔH°_{25}) do metano, do butano e do octano.

Composto	Fórmula molecular	Massa molar (g/mol)	ΔH°_{25} (kJ/mol)
Metano	CH_4	16	-890
Butano	C_4H_{10}	58	-2.878
Octano	C_8H_{18}	114	-5.471

À medida que aumenta a consciência sobre os impactos ambientais relacionados ao uso da energia, cresce a importância de se criarem políticas de incentivo ao uso de combustíveis mais eficientes. Nesse sentido, considerando-se que o metano, o butano e o octano sejam representativos do gás natural, do gás liquefeito de petróleo (GLP) e da gasolina, respectivamente, então, a partir dos dados fornecidos, é possível concluir que, do ponto de vista da quantidade de calor obtido por mol de CO_2 gerado, a ordem crescente desses três combustíveis é:

- gasolina, GLP e gás natural.
- gás natural, gasolina e GLP.
- gasolina, gás natural e GLP.
- gás natural, GLP e gasolina.
- GLP, gás natural e gasolina.

Anotações:



○ 4. (ENEM) Um dos problemas dos combustíveis que contêm carbono é que sua queima produz dióxido de carbono. Portanto, uma característica importante, ao se escolher um combustível, é analisar seu calor de combustão (ΔH_c°), definido como a energia liberada na queima completa de um mol de combustível no estado padrão. O quadro seguinte relaciona algumas substâncias que contêm carbono e seu ΔH_c° .

Substância	Fórmula	ΔH_c° (kJ/mol)
Benzeno	$C_6H_{6(l)}$	-3.268
Etanol	$C_2H_5OH_{(l)}$	-1.368
Glicose	$C_6H_{12}O_{6(s)}$	-2.808
Metano	$CH_{4(g)}$	-890
Octano	$C_8H_{18(l)}$	-5.471

ATKINS, P. Princípios de Química. Bookman, 2007 (adaptado).

Nesse contexto, qual dos combustíveis, quando queimado completamente, libera mais dióxido de carbono no ambiente pela mesma quantidade de energia produzida?

- Benzeno.
- Metano.
- Glicose.
- Octano.
- Etanol.

○ 5. (ENEM) Os combustíveis de origem fóssil, como o petróleo e o gás natural, geram um sério problema ambiental, devido à liberação de dióxido de carbono durante o processo de combustão. O quadro apresenta as massas molares e as reações de combustão não balanceadas de diferentes combustíveis.

Combustível	Massa molar (g/mol)	Reação de combustão (não balanceada)
Metano	16	$CH_4(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$
Acetileno	26	$C_2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$
Etano	30	$C_2H_6(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$
Propano	44	$C_3H_8(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$
Butano	58	$C_4H_{10}(g) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(g)$

Considerando a combustão completa de 58 g de cada um dos combustíveis listados no quadro, a substância que emite mais CO_2 é o:

- etano.
- butano.
- metano.
- propano.
- acetileno.

○ 6. (ENEM) Vários combustíveis alternativos estão sendo procurados para reduzir a demanda por combustíveis fósseis, cuja queima prejudica o meio ambiente devido à produção de dióxido de carbono (massa molar igual a $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$). Três dos mais promissores combustíveis alternativos são o hidrogênio, o etanol e o metano. A queima de 1 mol de cada um desses combustíveis libera uma determinada quantidade de calor, que estão apresentadas na tabela a seguir.

Combustível	Massa molar ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)	Calor liberado na queima ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)
H_2	2	270
CH_4	16	900
C_2H_5OH	46	1.350

Considere que foram queimadas massas, independentemente, desses três combustíveis, de forma tal que em cada queima foram liberados 5.400 kJ. O combustível mais econômico, ou seja, o que teve a menor massa consumida, e o combustível mais poluente, que é aquele que produziu a maior massa de dióxido de carbono (massa molar igual a $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$), foram, respectivamente:

- o etanol, que teve apenas 46 g de massa consumida, e o metano, que produziu 900 g de CO_2 .
- o hidrogênio, que teve apenas 40 g de massa consumida, e o etanol, que produziu 352 g de CO_2 .
- o hidrogênio, que teve apenas 20 g de massa consumida, e o metano, que produziu 264 g de CO_2 .
- o etanol, que teve apenas 96 g de massa consumida, e o metano, que produziu 176 g de CO_2 .
- o hidrogênio, que teve apenas 2 g de massa consumida, e o etanol, que produziu 1.350 g de CO_2 .

○ 7. (ENEM) No que tange à tecnologia de combustíveis alternativos, muitos especialistas em energia acreditam que os alcoóis vão crescer em importância em um futuro próximo. Realmente, alcoóis como metanol e etanol têm encontrado alguns nichos para uso doméstico como combustíveis há muitas décadas e, recentemente, vêm obtendo uma aceitação cada vez maior como aditivos ou mesmo como substitutos para a gasolina em veículos. Algumas das propriedades físicas desses combustíveis são mostradas no quadro seguinte.

Álcool	Densidade a 25°C ($\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$)	Calor de combustão ($\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)
Metanol (CH_3OH)	0,79	-726,0
Etanol (CH_3CH_2OH)	0,79	-1.367,0

BAIRD, C. Química Ambiental. São Paulo: Artmed, 1995 (adaptado).

Dados: massas molares em $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0.



Considere que, em pequenos volumes, o custo de produção de ambos os alcoóis seja o mesmo. Dessa forma, do ponto de vista econômico, é mais vantajoso utilizar:

- a) metanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 22,7 kJ de energia por litro de combustível queimado.
- b) etanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 29,7 kJ de energia por litro de combustível queimado.
- c) metanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 17,9 MJ de energia por litro de combustível queimado.
- d) etanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 23,5 MJ de energia por litro de combustível queimado.
- e) etanol, pois sua combustão completa fornece aproximadamente 33,7 MJ de energia por litro de combustível queimado.

8. (ENEM) O carro flex é uma realidade no Brasil. Esses veículos estão equipados com motor que tem a capacidade de funcionar com mais de um tipo de combustível. No entanto, as pessoas que têm esse tipo de veículo, na hora do abastecimento, têm sempre a dúvida: álcool ou gasolina? Para avaliar o consumo desses combustíveis, realizou-se um percurso com um veículo flex, consumindo 40 litros de gasolina e, no percurso de volta, utilizou-se etanol.

Foi considerado o mesmo consumo de energia tanto no percurso de ida quanto no de volta.

O quadro resume alguns dados aproximados sobre esses combustíveis.

Combustível	Densidade (g mL ⁻¹)	Calor de combustão (kcal g ⁻¹)
Etanol	0,8	- 6
Gasolina	0,7	- 10

O volume de etanol combustível, em litro, consumido no percurso de volta é mais próximo de:

- a) 27.
- b) 32.
- c) 37.
- d) 58.
- e) 67.

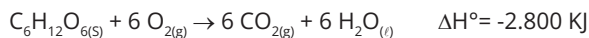


9. (ENEM) O etanol é um combustível renovável obtido da cana-de-açúcar e é menos poluente do que os combustíveis fósseis, como a gasolina e o diesel. O etanol tem densidade 0,8 g/cm³, massa molar 46 g/mol e calor de combustão aproximado de -1.300 kJ/mol. Com o grande aumento da frota de veículos, tem sido incentivada a produção de carros bicombustíveis econômicos, que são capazes de render até 20 km/L em rodovias, para diminuir a emissão de poluentes atmosféricos.

O valor correspondente à energia consumida para que o motorista de um carro econômico, movido a álcool, percorra 400 km, na condição de máximo rendimento, é mais próximo de:

- a) 565 MJ.
- b) 452 MJ.
- c) 520 kJ.
- d) 390 kJ.
- e) 348 kJ.

10. (ENEM) Por meio de reações químicas que envolvem carboidratos, lipídeos e proteínas, nossas células obtêm energia e produzem gás carbônico e água. A oxidação da glicose no organismo humano libera energia, conforme ilustra a equação química, sendo que aproximadamente 40% dela é disponibilizada para atividade muscular.

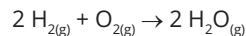


Considere as massas molares (em g · mol⁻¹): H = 1; C = 12; O = 16.
LIMA, L.M.; FRAGA, C. A.; BARREIRO, E. J. Química na saúde. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010 (adaptado).

Na oxidação de 1,0 grama de glicose, a energia obtida para atividade muscular, em quilojoule, é mais próxima de:

- a) 6,2.
- b) 15,6.
- c) 70,0.
- d) 622,2.
- e) 1.120,0.

11. (ENEM) O gás hidrogênio é considerado um ótimo combustível — o único produto da combustão desse gás é o vapor de água, como mostrado na equação química.



Um cilindro contém 1 kg de hidrogênio e todo esse gás foi queimado. Nessa reação, são rompidas e formadas ligações químicas que envolvem as energias listadas no quadro.

Ligação química	Entalpia de ligação (kJ/mol)
H - H	437
H - O	463
O = O	494

Massas molares (g/mol): H₂ = 2; O₂ = 32; H₂O = 18.

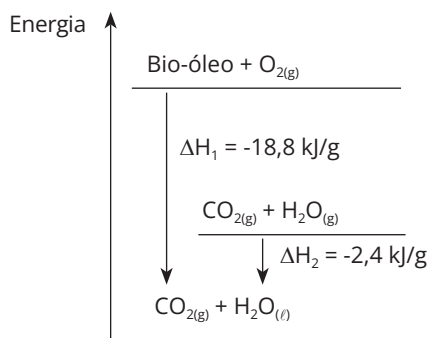
Qual é a variação da entalpia, em quilojoule, da reação de combustão do hidrogênio contido no cilindro?

- a) -242.000
- b) -121.000
- c) -2.500
- d) +110.500
- e) +234.000

Anotações:



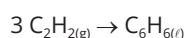
○ 12. (ENEM) O aproveitamento de resíduos florestais vem se tornando cada dia mais atrativo, pois eles são uma fonte renovável de energia. A figura representa a queima de um bio-óleo extraído do resíduo de madeira, sendo ΔH_1 a variação de entalpia devido à queima de 1 g desse bio-óleo, resultando em gás carbônico e água líquida, e ΔH_2 a variação de entalpia envolvida na conservação de 1 g de água no estado gasoso para o estado líquido.



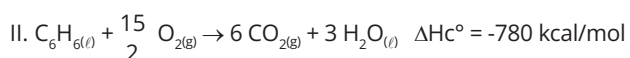
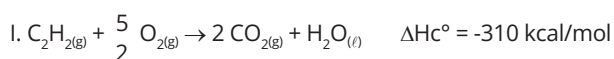
A variação de entalpia, em kJ, para a queima de 5 g desse bio-óleo, resultando em CO_2 (gasoso) e H_2O (gasoso), é:

- a) -106
- b) -94,0
- c) -82,0
- d) -21,2
- e) -16,4

○ 13. (ENEM) O benzeno, um importante solvente para a indústria química, é obtido industrialmente pela destilação do petróleo. Contudo, também pode ser sintetizado pela trimerização do acetileno catalisada por ferro metálico sob altas temperaturas, conforme a equação química:



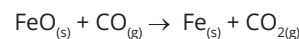
A energia envolvida nesse processo pode ser calculada indiretamente pela variação de entalpia das reações de combustão das substâncias participantes, nas mesmas condições experimentais:



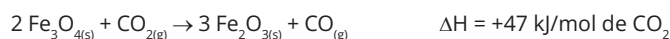
A variação de entalpia do processo de trimerização, em kcal, para a formação de um mol de benzeno, é mais próxima de:

- a) -1.090
- b) -150
- c) -50
- d) +157
- e) +470

○ 14. (ENEM) O ferro é encontrado na natureza na forma de seus minérios, tais como a hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), a magnetita (Fe_3O_4) e a wustita (FeO). Na siderurgia, o ferro-gusa é obtido pela fusão de minérios de ferro em altos fornos em condições adequadas. Uma das etapas nesse processo é a formação de monóxido de carbono. O CO (gasoso) é utilizado para reduzir o FeO (sólido), conforme a equação química:



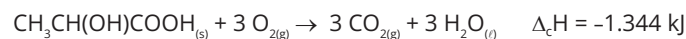
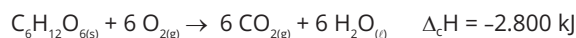
Considere as seguintes equações termoquímicas:



O valor mais próximo de ΔH , em kJ/mol de FeO , para a reação indicada do FeO (sólido) com o CO (gasoso), é:

- a) -14
- b) -17
- c) -50
- d) -64
- e) -100

○ 15. (ENEM) Glicólise é um processo que ocorre nas células, convertendo glicose em piruvato. Durante a prática de exercícios físicos que demandam grande quantidade de esforço, a glicose é completamente oxidada na presença de O_2 . Entretanto, em alguns casos, as células musculares podem sofrer um déficit de O_2 e a glicose ser convertida em duas moléculas de ácido láctico. As equações termoquímicas para a combustão da glicose e do ácido láctico são, respectivamente, mostradas a seguir:

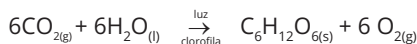


O processo anaeróbico é menos vantajoso energeticamente porque:

- a) libera 112 kJ por mol de glicose.
- b) libera 467 kJ por mol de glicose.
- c) libera 2.688 kJ por mol de glicose.
- d) absorve 1.344 kJ por mol de glicose.
- e) absorve 2.800 kJ por mol de glicose.



16. (UFSM) A reação de obtenção de glicose dos seres clorofila- dos pode ser representada da seguinte forma:



Substância	ΔH_f° (entalpia de formação) 25°C, 1 atm (kJ mol ⁻¹)
CO _{2(g)}	-393,5
H ₂ O _(l)	-285,8
C ₆ H ₁₂ O _{6(s)}	-1.274,4
O _{2(g)}	0

A entalpia de reação, em kJ mol⁻¹ é

- a) +2.801,4
- b) -2.801,4
- c) +595,1
- d) -595,1
- e) -1.953,7

17. (UFSM) Considerando as reações químicas, é possível afirmar que, em uma reação exotérmica, a entalpia dos produtos é _____ que a dos reagentes e, em uma reação endotérmica, a entalpia dos produtos é _____ que a dos reagentes. A decomposição da molécula de água, representada pela equação



é um exemplo de reação _____, e a reação de formação de amônia, segundo a equação:



Assinale a alternativa que preenche, corretamente, as lacunas.

- a) maior - menor - exotérmica - endotérmica
- b) igual - maior - endotérmica - exotérmica
- c) menor - igual - exotérmica - endotérmica
- d) menor - maior - endotérmica - exotérmica
- e) maior - menor - endotérmica - exotérmica

18. (UFSM) Considere as afirmativas sobre os fatores que afetam a velocidade de uma reação:

- I. A dissolução de um metal em um ácido será mais rápida quanto maior forem as partículas desse metal.
- II. A reação de dissolução de um metal será mais rápida se for feita a quente.
- III. Quanto maior for a concentração do ácido mineral usado para a dissolução do metal, mais rápida será essa dissolução.
- IV. Em um ácido mineral forte, a dissolução de um metal a 1 atm de pressão será mais rápida do que a 2 atm de pressão.

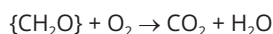
Estão corretas

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

19. (UFSM 2024) “Os processos de erosão são pouco intensos e reduzidos pelo revestimento de Floresta Amazônica, onde a água proveniente da precipitação penetra no solo coberto pela vegetação e carrega consigo várias substâncias orgânicas. As substâncias húmicas são compostas por ácidos húmicos e fúlvicos e são originadas durante o processo de decomposição de resíduos vegetais.”

Fonte: DAL PONT, G. Características físicas e químicas dos rios amazônicos. In: *Divulgação Científica*, Notícias. GIA. Curitiba, PR. Publicado em: 20 abr. 2021. Disponível em: <<https://gia.org.br/portal/caracteristicas-fisicas-e-quimicas-dos-riosamazonicos/>>. Acesso em: 24 out. 2023. (Adaptado)

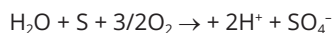
Algumas das reações de degradação da matéria orgânica no solo são apresentadas a seguir.



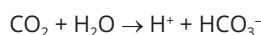
Matéria orgânica



Nitrogênio orgânico



Matéria orgânica contendo enxofre



Gás carbônico

Em relação às reações da degradação da matéria orgânica no solo, considere as afirmativas a seguir.

I. Todas as reações químicas envolvem quebra e formação de novas ligações para transformar os reagentes em produtos. Sabendo-se a energia envolvida nesse processo, pode-se calcular a variação de entalpia dessas reações.

II. Os usos de calcários (CaCO₃, MgCO₃ ou CaCO₃ + MgCO₃) no solo neutralizam a sua acidez, ou seja, os calcários têm caráter básico.

III. A energia absorvida para quebrar uma ligação é numericamente igual à energia liberada na sua formação. A energia de ligação é definida, no entanto, como sendo a energia absorvida na quebra de 1 mol de ligações, no estado gasoso, a 25 °C e 1 atm.

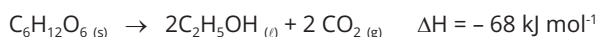
IV. A oxidação biológica de compostos orgânicos produz CO₂, o qual reage com a água para formar ácido carbônico, que se dissocia e contribui para acidificação.

Está(ão) correta(s)

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



20. (UFSM) O álcool etílico é considerado um desinfetante e antisséptico, com finalidade de higienização das mãos, para prevenir a gripe H1N1. Esse álcool pode ser obtido pela fermentação de açúcares, como a glicose:



Entalpia-padrão de formação de um mol da substância na temperatura de 25°C e 1 atm

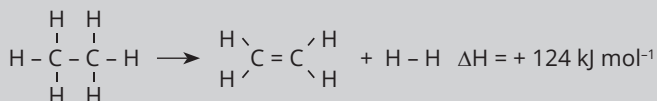
Substância	ΔH_f^0 (kJ mol ⁻¹)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6\text{(s)}$	-1275
$\text{CO}_2\text{(g)}$	-394

A entalpia-padrão de formação de um mol de álcool etílico, em kJ mol⁻¹, é, aproximadamente,

- a) - 950.
- b) - 556.
- c) - 278.
- d) - 68.
- e) - 34.

21. (UFSM) Uma alimentação saudável, com muitas frutas, traz incontáveis benefícios à saúde e ao bem-estar. Contudo, a ingestão de fruta verde deixa um sabor adstringente na boca. Por isso, o gás eteno é utilizado para acelerar o amadurecimento das frutas, como a banana.

Industrialmente, o eteno é obtido pela desidrogenação do etano, em altas temperaturas (500°C) e na presença de um catalisador (óxido de vanádio), conforme mostrado na reação a seguir.



Energia de ligação (kJ mol⁻¹)

Ligação	Energia
C - H	412
C - C	348
C = C	612

O valor absoluto da energia de ligação H - H, em kJ mol⁻¹, é, aproximadamente,

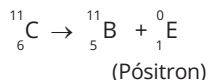
- a) 124.
- b) 436.
- c) 684.
- d) 872.
- e) 1368.



HABILIDADES À PROVA 5

» Radioatividade

○ 1. (ENEM) Glicose marcada com núclídeos de carbono-11 é utilizada na medicina para se obter imagens tridimensionais do cérebro, por meio de tomografia de emissão de pósitrons. A desintegração do carbono-11 gera um pósitron, com tempo de meia-vida de 20,4min, de acordo com a equação da reação nuclear:



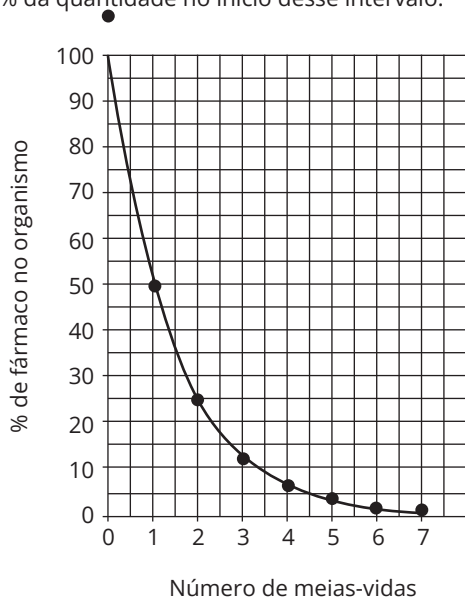
A partir da injeção de glicose marcada com esse núclídeo, o tempo de aquisição de uma imagem de tomografia é de cinco meias-vidas.

Considerando que o medicamento contém 1,00 g do carbono-11, a massa, em miligramas, do núclídeo restante, após a aquisição da imagem, é mais próxima de:

- a) 0,200
- b) 0,969
- c) 9,80
- d) 31,3
- e) 200



○ 2. (ENEM) A duração do efeito de alguns fármacos está relacionada à sua meia-vida, tempo necessário para que a quantidade original do fármaco no organismo se reduza à metade. A cada intervalo de tempo correspondente a uma meia-vida, a quantidade de fármaco existente no organismo, no final do intervalo, é igual a 50% da quantidade no início desse intervalo.



O gráfico representa, de forma genérica, o que acontece com a quantidade de fármaco no organismo humano ao longo do tempo.

A meia-vida do antibiótico amoxicilina é de 1 hora. Assim, se uma dose desse antibiótico for injetada às 12h em um paciente, o percentual dessa dose que restará em seu organismo às 13h 30min será aproximadamente de:

- a) 10%
- b) 15%
- c) 25%
- d) 35%
- e) 50%

○ 3. (ENEM 2022) O elemento iodo (I) tem função biológica e é acumulado na tireoide. Nos acidentes nucleares de Chernobyl e Fukushima, ocorreu a liberação para a atmosfera do radioisótopo ${}^{131}\text{I}$, responsável por enfermidades nas pessoas que foram expostas a ele. O decaimento de uma massa de 12 microgramas do isótopo ${}^{131}\text{I}$ foi monitorado por 14 dias, conforme o quadro.

Tempo (dia)	Massa residual de ${}^{131}\text{I}$ (μg)
0	12,0
2	10,1
4	8,5
5	7,8
6	7,2
8	6,0
14	3,6

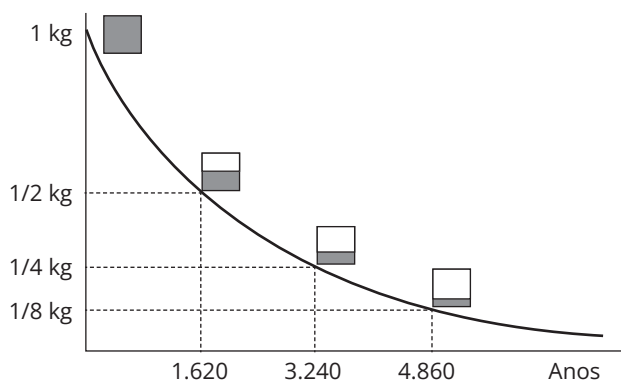
Após o período de 40 dias, a massa residual desse isótopo é mais próxima de:

- a) 2,4 μg .
- b) 1,5 μg .
- c) 0,8 μg .
- d) 0,4 μg .
- e) 0,2 μg .

Anotações:



○ 4. (ENEM) O lixo radioativo ou nuclear é resultado da manipulação de materiais radioativos, utilizados hoje na agricultura, na indústria, na medicina, em pesquisas científicas, na produção de energia, etc. Embora a radioatividade se reduza com o tempo, o processo de decaimento radioativo de alguns materiais pode levar milhões de anos. Por isso, existe a necessidade de se fazer um descarte adequado e controlado de resíduos dessa natureza. A taxa de decaimento radioativo é medida em termos de um tempo característico, chamado meia-vida, que é o tempo necessário para que uma amostra perca metade de sua radioatividade original. O gráfico seguinte representa a taxa de decaimento radioativo do rádio-226, elemento químico pertencente à família dos metais alcalino-terrosos e que foi utilizado durante muito tempo na medicina.



As informações fornecidas mostram que:

- quanto maior é a meia-vida de uma substância, mais rápido ela se desintegra.
- apenas 1/8 de uma amostra de rádio-226 terá decaído ao final de 4.860 anos.
- metade da quantidade original de rádio-226, ao final de 3.240 anos, ainda estará por decair.
- restará menos de 1% de rádio-226, em qualquer amostra dessa substância, após decorridas 3 meias-vidas.
- a amostra de rádio-226 diminui a sua quantidade pela metade a cada intervalo de 1.620 anos devido à desintegração radioativa.

○ 5. (ENEM)

A bomba
reduz neutros e neutrinos, e abana-se com o leque da reação
em cadeia

ANDRADE, C. D. Poesia completa e prosa. Rio de Janeiro: Aguilar, 1973 (fragmento).

Nesse fragmento de poema, o autor refere-se à bomba atômica de urânio. Essa reação é dita "em cadeia" porque na:

- fissão do ^{235}U , ocorre liberação de grande quantidade de calor, que dá continuidade à reação.
- fissão de ^{235}U , ocorre liberação de energia, que vai desintegrando o isótopo ^{238}U , enriquecendo-o em mais ^{235}U .
- fissão de ^{235}U , ocorre uma liberação de nêutrons, que bombardearão outros núcleos.
- fusão do ^{235}U , com ^{238}U ocorre formação de neutrino, que bombardeará outros núcleos radioativos.
- fusão do ^{235}U , com ^{238}U ocorre formação de outros elementos radioativos mais pesados, que desencadeiam novos processos de fusão.

○ 6. (ENEM) A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, as consequências e os usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir.

"Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação."

Física na Escola, v. 8, nº 2, 2007 (adaptado).

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois:

- o material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
- a utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
- a contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por micro-organismos.
- o material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.
- o intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

○ 7. (ENEM) O funcionamento de uma usina nucleoeletrica típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não físsil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoeletricas. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que:

- a disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido a sua utilização em armas nucleares.
- a proibição de se instalarem novas usinas nucleoeletricas não causará impacto na oferta mundial de energia.
- a existência de usinas nucleoeletricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
- a obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleoeletricas.
- a baixa concentração de urânio físsil em usinas nucleoeletricas impossibilita o desenvolvimento energético.

Anotações:



○ 8. (ENEM) Observe atentamente a charge.



Disponível em: <http://ocorporesponde.blogspot.com>. Acesso em: 14 jun. 2011.

Além do risco de acidentes, como o referenciado na charge, o principal problema enfrentado pelos países que dominam a tecnologia associada às usinas termonucleares é:

- a) a escassez de recursos minerais destinados à produção do combustível nuclear.
- b) a produção dos equipamentos relacionados às diversas etapas do ciclo nuclear.
- c) o destino final dos subprodutos das fissões ocorridas no núcleo do reator.
- d) a formação de recursos humanos voltados para o trabalho nas usinas.
- e) o rigoroso controle da Agência Internacional de Energia Atômica.

○ 9. (ENEM) O debate em torno do uso da energia nuclear para produção de eletricidade permanece atual. Em um encontro internacional para a discussão desse tema, foram colocados os seguintes argumentos:

I. uma grande vantagem das usinas nucleares é o fato de não contribuírem para o aumento do efeito estufa, uma vez que o urânio, utilizado como "combustível", não é queimado, mas sofre fissão.

II. ainda que sejam raros os acidentes com usinas nucleares, seus efeitos podem ser tão graves que essa alternativa de geração de eletricidade não nos permite ficar tranquilos.

A respeito desses argumentos, pode-se afirmar que:

- a) o primeiro é válido e o segundo não é, já que nunca ocorreram acidentes com usinas nucleares.
- b) o segundo é válido e o primeiro não é, pois de fato há queima de combustível na geração nuclear de eletricidade.
- c) o segundo é válido e o primeiro é irrelevante, pois nenhuma forma de gerar eletricidade produz gases do efeito estufa.
- d) ambos são válidos para se compararem vantagens e riscos na opção por essa forma de geração de energia.
- e) ambos são irrelevantes, pois a opção pela energia nuclear está se tornando uma necessidade inquestionável.

○ 10. (ENEM) Considere um equipamento capaz de emitir radiação eletromagnética com comprimento de onda bem menor que a da radiação ultravioleta. Suponha que a radiação emitida por esse equipamento foi apontada para um tipo específico de filme fotográfico e entre o equipamento e o filme foi posicionado o pescoço de um indivíduo. Quanto mais exposto à radiação, mais escuro se torna o filme após a revelação. Após acionar o equipamento e revelar o filme, evidenciou-se a imagem mostrada ao lado.



Dentre os fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e os átomos do indivíduo que permitem a obtenção desta imagem, inclui-se a:

- a) absorção da radiação eletromagnética e a consequente ionização dos átomos de cálcio, que se transformam em átomos de fósforo.
- b) maior absorção da radiação eletromagnética pelos átomos de cálcio que por outros tipos de átomos.
- c) maior absorção da radiação eletromagnética pelos átomos de carbono que por átomos de cálcio.
- d) maior refração ao atravessar os átomos de carbono que os átomos de cálcio.
- e) maior ionização de moléculas de água que de átomos de carbono.

○ 11. (ENEM) O avanço científico e tecnológico da física nuclear permitiu conhecer, com maiores detalhes, o decaimento radioativo dos núcleos atômicos instáveis, desenvolvendo-se algumas aplicações para a radiação de grande penetração no corpo humano, utilizada, por exemplo, no tratamento do câncer.

A aplicação citada no texto se refere a qual tipo de radiação?

- a) Beta.
- b) Alfa.
- c) Gama.
- d) Raios X.
- e) Ultravioleta.

Anotações:



○ **12. (ENEM 2021)** As radiações ionizantes são caracterizadas por terem energia suficiente para arrancar elétrons de um átomo. Ao interagirem com os tecidos do corpo humano, dão origem a diversos efeitos, que podem levar à morte de células. Os principais tipos de radiação ionizante são as radiações gama (originadas em transições nucleares), raios X (originados em transições eletrônicas), alfa (núcleos de hélio), elétrons e nêutrons. O quadro apresenta algumas propriedades para esses diferentes tipos de radiação.

Tipo de radiação	Massa (u.m.a)	Carga
Gama	0	0
Raios x	0	0
Alfa	4	+2
Elétrons	1/2 000	-1
Nêutrons	1	0

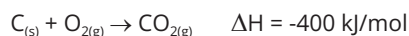
Para uma mesma intensidade de radiação, a que tem o menor poder de penetração em tecidos é a radiação

- alfa.
- gama.
- raios X.
- elétrons.
- nêutrons.

○ **13. (ENEM)** O urânio é um elemento cujos átomos contêm 92 prótons, 92 elétrons e entre 135 e 148 nêutrons. O isótopo de urânio ^{235}U é utilizado como combustível em usinas nucleares, onde, ao ser bombardeado por nêutrons, sofre fissão de seu núcleo e libera uma grande quantidade de energia ($2,35 \cdot 10^{10}$ kJ/mol). O isótopo ^{235}U ocorre naturalmente em minérios de urânio, com concentração de apenas 0,7%. Para ser utilizado na geração de energia nuclear, o minério é submetido a um processo de enriquecimento, visando aumentar a concentração do isótopo ^{235}U para, aproximadamente, 3% nas pastilhas.

Em décadas anteriores, houve um movimento mundial para aumentar a geração de energia nuclear buscando substituir, parcialmente, a geração de energia elétrica a partir da queima do carvão, o que diminui a emissão atmosférica de CO_2 (gás com massa molar igual a 44 g/mol).

A queima do carvão é representada pela equação química:



Qual é a massa de CO_2 , em toneladas, que deixa de ser liberada na atmosfera, para cada 100 g de pastilhas de urânio enriquecido utilizadas em substituição ao carvão como fonte de energia?

- 2,10
- 7,70
- 9,00
- 33,0
- 300

○ **14. (ENEM)** Pesquisadores recuperaram DNA de ossos de mamute (*Mammuthus primigenius*) encontrados na Sibéria, que tiveram sua idade de cerca de 28 mil anos confirmada pela técnica do carbono 14.

Fapesp. DNA de mamute é revelado. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br>. Acesso em: 13 ago. 2012 (adaptado).

A técnica e a datação apresentada no texto só é possível devido à:

- proporção conhecida entre carbono-14 e carbono-12 na atmosfera ao longo dos anos.
- decomposição de todo o carbono-12 presente no organismo após a morte.
- fixação maior do carbono-14 nos tecidos de organismos após a morte.
- emissão de carbono-12 pelos tecidos de organismos após a morte.
- transformação do carbono-12 em carbono -14 ao longo dos anos.

○ **15. (ENEM)** A poluição radioativa compreende mais de 200 núclídeos, sendo que, do ponto de vista de impacto ambiental, destacam-se o cério-137 e o estrôncio-90. A maior contribuição de radionuclídeos antropogênicos no meio marinho ocorreu durante as décadas de 1950 e 1960, como resultado dos testes nucleares realizados na atmosfera. O estrôncio-90 pode se acumular nos organismos vivos e em cadeias alimentares e, em razão de sua semelhança química, pode participar no equilíbrio com carbonato e substituir o cálcio em diversos processos biológicos.

FIGUEIRA, R. C. L.; CUNHA, I. I. L. A contaminação dos oceanos por radionuclídeos antropogênicos. Química Nova, n. 21, 1998 (adaptado).

Ao entrar numa cadeia alimentar da qual o homem faz parte, em qual tecido do organismo humano o estrôncio-90 será acumulado predominantemente?

- Cartilaginoso.
- Sanguíneo.
- Muscular.
- Nervoso.
- Ósseo.

○ **16. (ENEM)** Embora a energia nuclear possa ser utilizada para fins pacíficos, recentes conflitos geopolíticos têm trazido preocupações em várias partes do planeta e estimulado discussões visando o combate ao uso de armas de destruição em massa. Além do potencial destrutivo da bomba atômica, uma grande preocupação associada ao emprego desse artefato bélico é a poeira radioativa deixada após a bomba ser detonada.

Qual é o processo envolvido na detonação dessa bomba?

- Fissão nuclear do urânio, provocada por nêutrons.
- Fusão nuclear do hidrogênio, provocada por prótons.
- Desintegração nuclear do plutônio, provocada por elétrons.
- Associação em cadeia de chumbo, provocada por pósitrons.
- Decaimento radioativo do carbono, provocado por partículas beta.



○ **17. (ENEM)** Com a descoberta de emissões de energia do rádio-226, por Marie Curie e Pierre Curie, o fenômeno foi denominado radiação α (alfa) ou emissão α . Posteriormente, verificou-se que a emissão α na verdade são partículas correspondentes a núcleos de hélio formados por dois prótons e dois nêutrons. Assim, no decaimento α , um núcleo instável emite partículas α , tornando-se um núcleo mais estável (núcleo filho).

Se um núcleo de rádio-226 emitir duas partículas α , o número de massa do núcleo filho será:

- a) 226.
- b) 224.
- c) 222.
- d) 220.
- e) 218.

○ **18. (ENEM)** A técnica do carbono-14 permite a datação de fósseis pela medição dos valores de emissão beta desse isótopo presente no fóssil. Para um ser em vida, o máximo são 15 emissões beta/(min g). Após a morte, a quantidade de ^{14}C se reduz pela metade a cada 5.730 anos.

A prova do carbono 14. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br>. Acesso em: 9 nov. 2013 (adaptado).

Considere que um fragmento fóssil de massa igual a 30 g foi encontrado em um sítio arqueológico, e a medição de radiação apresentou 6.750 emissões beta por hora. A idade desse fóssil, em anos, é:

- a) 450.
- b) 1.433.
- c) 11.460.
- d) 17.190.
- e) 27.000.



○ **19. (ENEM 2023)** A utilização de tecnologia nuclear é um tema bastante controverso, por causa do risco de acidentes graves, como aqueles ocorridos em Chernobyl (1986), em Goiânia (1987) e em Fukushima (2011). Apesar de muitas desvantagens, como a geração de resíduos tóxicos, a descontaminação ambiental dispendiosa em caso de acidentes e a utilização em armas nucleares, a geração de energia nuclear apresenta vantagens em comparação a outras fontes de energia.

A geração dessa energia tem como característica:

- a) Formar resíduos facilmente recicláveis.
- b) Promover o aumento do desmatamento.
- c) Contribuir para a produção de chuva ácida.
- d) Emitir gases tóxicos que são lançados no ambiente.
- e) Produzir calor sem o consumo de combustíveis fósseis.



HABILIDADES À PROVA 6

» Eletroquímica

○ 1. (ENEM) Cerca de 1% do lixo urbano é constituído por resíduos sólidos contendo elementos tóxicos. Entre esses elementos estão metais pesados como o cádmio, o chumbo e o mercúrio, componentes de pilhas e baterias, que são perigosos à saúde humana e ao meio ambiente. Quando descartadas em lixos comuns, pilhas e baterias vão para aterros sanitários ou lixões a céu aberto, e o vazamento de seus componentes contamina o solo, os rios e o lençol freático, atingindo a flora e a fauna. Por serem bioacumulativos e não biodegradáveis, esses metais chegam de forma acumulada aos seres humanos, por meio da cadeia alimentar. A legislação vigente (Resolução CONAMA n° 257/1999) regulamenta o destino de pilhas e baterias após seu esgotamento energético e determina aos fabricantes e/ou importadores a quantidade máxima permitida desses metais em cada tipo de pilha/bateria, porém o problema ainda persiste.

Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em: 11 jul. 2009 (adaptado).

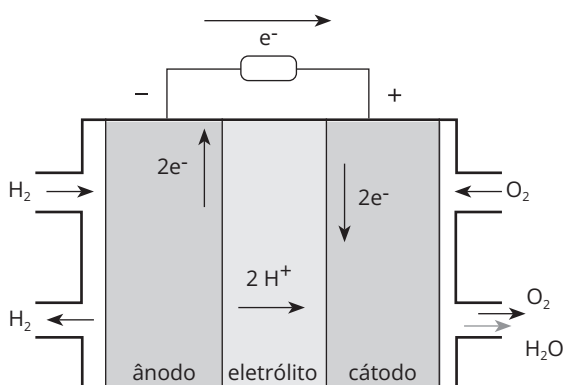
Uma medida que poderia contribuir para acabar definitivamente com o problema da poluição ambiental por metais pesados relatado no texto seria:

- a) deixar de consumir aparelhos elétricos que utilizem pilha ou bateria como fonte de energia.
- b) usar apenas pilhas ou baterias recarregáveis e de vida útil longa e evitar ingerir alimentos contaminados, especialmente peixes.
- c) devolver pilhas e baterias, após o esgotamento da energia armazenada, à rede de assistência técnica especializada para repasse a fabricantes e/ou importadores.
- d) criar nas cidades, especialmente naquelas com mais de 100 mil habitantes, pontos estratégicos de coleta de baterias e pilhas, para posterior repasse a fabricantes e/ou importadores.
- e) exigir que fabricantes invistam em pesquisa para a substituição desses metais tóxicos por substâncias menos nocivas ao homem e ao ambiente, e que não sejam bioacumulativas.

○ 2. (ENEM) O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente.

Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.

VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLES, E. R. Química Nova na Escola. N° 15, maio 2002.



Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica, por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio, difere-se dos processos convencionais porque:

- a) transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.
- b) converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.
- c) transforma energia química em energia elétrica, porém emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.
- d) converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes produzidos no processo sem alterar a qualidade do meio ambiente.
- e) converte a energia potencial acumulada nas moléculas de água contidas no sistema em energia química, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

○ 3. (ENEM 2020) Um cidadão que se mudou de Brasília para Recife, após algum tempo, percebeu que partes de seu carro estavam enferrujando muito rapidamente. Perguntou para seu filho, estudante do ensino médio, a explicação para o fenômeno. O filho pesquisou na internet e descobriu que, por causa da maresia, gotículas de água do mar atingem os objetos de aço (liga de ferro e carbono) e intensificam sua corrosão. Com base nessa informação, o estudante explicou corretamente ao pai o efeito do cloreto de sódio na corrosão.

A explicação correta de a maresia acelerar a corrosão do aço é porque:

- a) reduz o ferro.
- b) oxida o carbono.
- c) dissolve a pintura do carro.
- d) torna a água mais condutora.
- e) diminui a dissolução do oxigênio na água.

Anotações:



○ 4. (ENEM 2021) O emprego de células de combustível a hidrogênio pode ser uma tecnologia adequada ao transporte automotivo. O quadro apresenta características de cinco tecnologias mais proeminentes de células de combustível.

Tipo de célula de combustível	Temperatura operacional (°C)	Eletrólito	Semirreações nos eletrodos
AFC	90 - 100	Hidróxido de potássio aquoso	$H_2 + 2 OH^- \rightarrow 2 H_2O + 2 e^-$ $\frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2 e^- \rightarrow 2 OH^-$
MSFC	600 - 1.000	Carbonatos de lítio, sódio e/ou potássio fundidos	$H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2 e^-$ $\frac{1}{2} O_2 + CO_2 + 2 e^- \rightarrow CO_3^{2-}$
PEM	60 - 100	Ácido poliperfluorossulfônico sólido	$H_2 \rightarrow 2 H^+ + 2 e^-$ $\frac{1}{2} O_2 + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2O$
PAFC	175 - 200	Ácido fosfórico líquido	
SOFC	600 - 1.000	Óxido de zircônio (IV) sólido	

Testes operacionais com esses tipos de células têm indicado que as melhores alternativas para veículos são as que operam em baixos níveis de energia térmica, são formadas por membranas de eletrólitos poliméricos e ocorrem em meio ácido.

THOMAS, S.; ZALBOWITZ, M. Full cells: green power. Los Alamos National Laboratory. Los Alamos, NM, 1999 (adaptado).

A tecnologia testada mais adequada para o emprego em veículos automotivos é a célula de combustível:

- AFC.
- MSFC.
- PEM.
- PAFC.
- SOFC.

○ 5. (ENEM) O boato de que os lacres das latas de alumínio teriam um alto valor comercial levou muitas pessoas a juntarem esse material na expectativa de ganhar dinheiro com sua venda. As empresas fabricantes de alumínio esclarecem que isso não passa de uma "lenda urbana", pois, ao retirar o anel da lata, dificulta-se a reciclagem do alumínio. Como a liga do qual é feito o anel contém alto teor de magnésio, se ele não estiver junto com a lata, fica mais fácil ocorrer a oxidação do alumínio no forno. A tabela apresenta as semirreações e os valores de potencial padrão de redução de alguns metais:

Semirreação	Potencial Padrão de Redução (v)
$Li^+ + e^- \rightarrow Li$	-3,05
$K^+ + e^- \rightarrow K$	-2,93
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2,36
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1,66
$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-0,76
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	+0,34

Disponível em: www.sucatas.com. Acesso em: 28 fev. 2012 (adaptado).

Com base no texto e na tabela, que metais poderiam entrar na composição do anel das latas com a mesma função do magnésio, ou seja, proteger o alumínio da oxidação nos fornos e não deixar diminuir o rendimento da sua reciclagem?

- Somente o lítio, pois ele possui o menor potencial de redução.
- Somente o cobre, pois ele possui o maior potencial de redução.

- Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.
- Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
- Somente o lítio e o potássio, pois seus potenciais de redução são menores do que o do alumínio.

○ 6. (ENEM) Algumas moedas utilizam cobre metálico em sua composição. Esse metal, ao ser exposto ao ar úmido, na presença de CO_2 , sofre oxidação formando o zinabre, um carbonato básico de fórmula $Cu_2(OH)_2CO_3$, que é tóxico ao homem e, portanto, caracteriza-se como um poluente do meio ambiente. Com o objetivo de reduzir a contaminação com o zinabre, diminuir o custo de fabricação e aumentar a durabilidade das moedas, é comum utilizar ligas resultantes da associação do cobre com outro elemento metálico.

A propriedade que o metal associado ao cobre deve apresentar, para impedir a formação de zinabre nas moedas, é, em relação ao cobre:

- maior caráter ácido.
- maior número de oxidação.
- menor potencial de redução.
- menor capacidade de reação.
- menor número de elétrons na camada de valência.



○ 7. (ENEM) Para realizar o desentupimento de tubulações de esgotos residenciais, é utilizada uma mistura sólida comercial que contém hidróxido de sódio (NaOH) e outra espécie química pulverizada. Quando é adicionada água a essa mistura, ocorre uma reação que libera gás hidrogênio e energia na forma de calor, aumentando a eficiência do processo de desentupimento. Considere os potenciais padrão de redução (E°) da água e de outras espécies em meio básico, expressos no quadro.

Semirreação de redução	E° (V)
$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0,83
$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Co} + 2 \text{OH}^-$	-0,73
$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu} + 2 \text{OH}^-$	-0,22
$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + 2 \text{OH}^-$	-0,58
$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al} + 4 \text{OH}^-$	-2,33
$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe} + 2 \text{OH}^-$	-0,88

Qual é a outra espécie que está presente na composição da mistura sólida comercial para aumentar sua eficiência?

- Al
- Co
- $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- $\text{Fe}(\text{OH})_2$
- Pb



○ 8. (ENEM 2020) Os tanques de armazenamento de gasolina podem, com o tempo, sofrer processos oxidativos, resultando na contaminação do combustível e do solo à sua volta. Uma forma de evitar tais problemas econômicos e ambientais é utilizar preferencialmente metais de sacrifício, protegendo os tanques de armazenamento.

Suponha que seja necessário usar um metal de sacrifício em um tanque de aço (liga de ferro-carbono). Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais padrão.

Semirreação	E° (V)
$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,44
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ni}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Cd}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cd}$	-0,40
$\text{Hg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Hg}$	+0,86

Dos metais citados, o que garantirá proteção ao tanque de aço é o:

- zinco.
- cobre.
- níquel.
- cádmio.
- mercúrio.

○ 9. (ENEM 2022) A nanotecnologia é responsável pelo aprimoramento de diversos materiais, incluindo os que são impactados com a presença de poluentes e da umidade na atmosfera, causadores de corrosão. O processo de corrosão é espontâneo e provoca a deterioração de metais como o ferro, que, em presença de oxigênio e água, sofre oxidação, conforme ilustra a equação química:



Uma forma de garantir a durabilidade da estrutura metálica e a sua resistência à umidade consiste na deposição de filmes finos nanocerâmicos à base de zircônia (ZrO_2) e alumina (Al_2O_3) sobre a superfície do objeto que se deseja proteger.

CLEMENTE, G. A. B. F. et al. O uso de materiais híbridos ou nanocompósitos como revestimentos anticorrosivos do aço. Química Nova, n. 9, 2021 (adaptado).

Essa nanotecnologia aplicada na proteção contra a corrosão se baseia no(a):

- proteção catódica, que utiliza um metal fortemente redutor.
- uso de metais de sacrifício, que se oxidam no lugar do ferro.
- passivação do ferro, que fica revestido pelo seu próprio óxido.
- efeito de barreira, que impede o contato com o agente oxidante.
- galvanização, que usa outros metais de menor potencial de redução.

○ 10. (ENEM) A calda bordalesa é uma alternativa empregada no combate a doenças que afetam folhas de plantas. Sua produção consiste na mistura de uma solução aquosa de sulfato de cobre (II), CuSO_4 , com óxido de cálcio, CaO , e sua aplicação só deve ser realizada se estiver levemente básica. A avaliação rudimentar da basicidade dessa solução é realizada pela adição de três gotas sobre uma faca de ferro limpa. Após três minutos, caso surja uma mancha avermelhada no local da aplicação, afirma-se que a calda bordalesa ainda não está com a basicidade necessária. O quadro apresenta os valores de potenciais padrão de redução (E°) para algumas semirreações de redução.

Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ca}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ca}$	-2,87
$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}$	-0,04
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Cu}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,52
$\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,77

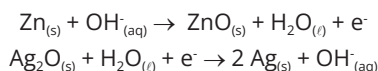
MOTTA, I. S. Calda bordalesa: utilidades e preparo. Dourados: Embrapa, 2008 (adaptado).

A equação química que representa a reação de formação da mancha avermelhada é:

- $\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Cu}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}_{(s)} + 2 \text{Cu}^{2+}_{(aq)}$
- $\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Fe}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}_{(s)} + 2 \text{Fe}^{3+}_{(aq)}$
- $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Fe}^{2+}_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}_{(s)} + 2 \text{Fe}^{3+}_{(aq)}$
- $3 \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Fe}_{(s)} \rightarrow 3 \text{Ca}_{(s)} + 2 \text{Fe}^{3+}_{(aq)}$
- $3 \text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2 \text{Fe}_{(s)} \rightarrow 3 \text{Cu}_{(s)} + 2 \text{Fe}^{3+}_{(aq)}$

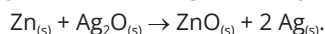


○ **11. (ENEM)** Pilhas e baterias são dispositivos tão comuns em nossa sociedade que, sem percebermos, carregamos vários deles junto ao nosso corpo; elas estão presentes em aparelhos de MP3, relógios, rádios, celulares etc. As semirreações descritas a seguir ilustram o que ocorre em uma pilha de óxido de prata.



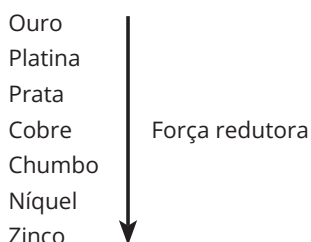
Pode-se afirmar que essa pilha:

- a) é uma pilha ácida.
- b) apresenta o óxido de prata como o ânodo.
- c) apresenta o zinco como o agente oxidante.
- d) tem como reação da célula a seguinte reação:



e) apresenta fluxo de elétrons na pilha do eletrodo de Ag_2O para o Zn.

○ **12. (ENEM)** 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 ânodo da célula, que está imerso em uma solução de CuSO_4 . À medida que o cobre impuro é oxidado no ânodo, íons Cu^{2+} da solução são depositados na forma pura no cátodo. Quanto às impurezas metálicas, algumas são oxidadas, passando à solução, enquanto outras simplesmente se desprendem do ânodo 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.



Entre as impurezas metálicas que constam na série apresentada, as que se sedimentam abaixo do ânodo de cobre são:

- a) Au - Pt - Ag - Zn - Ni - Pb
- b) Au - Pt - Ag
- c) Zn - Ni - Pb
- d) Au - Zn
- e) Ag - Pb

Anotações:

○ **13. (ENEM)** A revelação das chapas de raios X gera uma solução que contém íons prata na forma de $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$. Para evitar a descarga desse metal no ambiente, a recuperação de prata metálica pode ser feita tratando eletroquimicamente essa solução com uma espécie adequada. O quadro apresenta semirreações de redução de alguns íons metálicos.

Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}_{(aq)} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Ag}_{(s)} + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}_{(aq)}$	+0,02
$\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}_{(s)}$	+0,34
$\text{Pt}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Pt}_{(s)}$	+1,20
$\text{Al}^{3+}_{(aq)} + 3e^{-} \rightleftharpoons \text{Al}_{(s)}$	-1,66
$\text{Sn}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Sn}_{(s)}$	-0,14
$\text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightleftharpoons \text{Zn}_{(s)}$	-0,76

BENDASSOLLI, J. A. et al. Procedimentos para a recuperação de Ag de resíduos líquidos e sólidos. Química Nova, v. 26, n° 4, 2003 (adaptado).

Das espécies apresentadas, a adequada para essa recuperação é:

- a) $\text{Cu}_{(s)}$
- b) $\text{Pt}_{(s)}$
- c) $\text{Al}^{3+}_{(aq)}$
- d) $\text{Sn}_{(s)}$
- e) $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$

○ **14. (ENEM)** Após o desmonte da bateria automotiva, é obtida uma pasta residual de 6 kg, em que 19%, em massa, é dióxido de chumbo (IV), 60%, sulfato de chumbo (II) e 21%, chumbo metálico. O processo pirometalúrgico é o mais comum na obtenção do chumbo metálico, porém, devido à alta concentração de sulfato de chumbo (II), ocorre grande produção de dióxido de enxofre (SO_2), causador de problemas ambientais. Para eliminar a produção de dióxido de enxofre, utiliza-se o processo hidrometalúrgico, constituído de três etapas, no qual o sulfato de chumbo (II) reage com carbonato de sódio a 1,0 mol/L a 45°C, obtendo-se um sal insolúvel (etapa 1), que, tratado com ácido nítrico, produz um sal de chumbo solúvel (etapa 2) e, por eletrólise, obtém-se o chumbo metálico com alto grau de pureza (etapa 3).

ARAÚJO, R. V. V. et al. Reciclagem de chumbo de bateria automotiva: estudo de caso. Disponível em: www.iqsc.usp.br. Acesso em: 17 abr. 2010 (adaptado).

Considerando a obtenção de chumbo metálico a partir de sulfato de chumbo (II) na pasta residual, pelo processo hidrometalúrgico, as etapas 1, 2 e 3 objetivam, respectivamente:

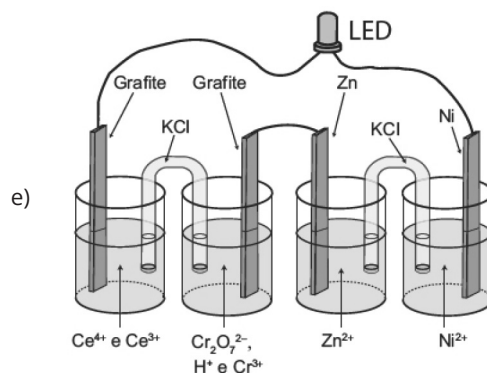
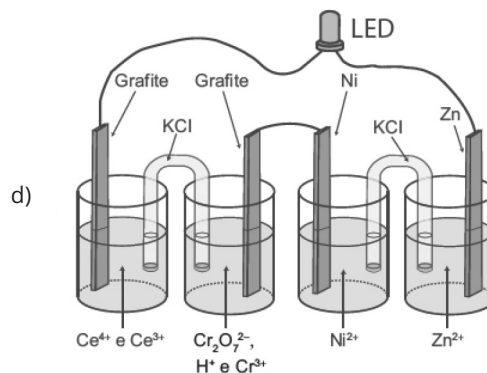
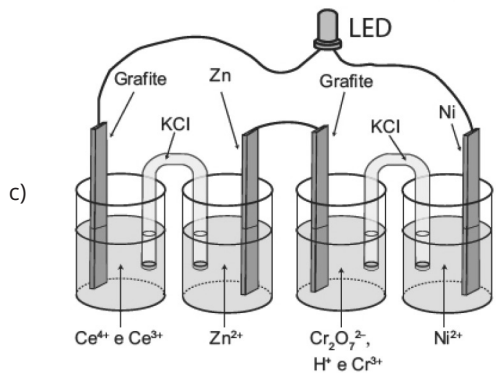
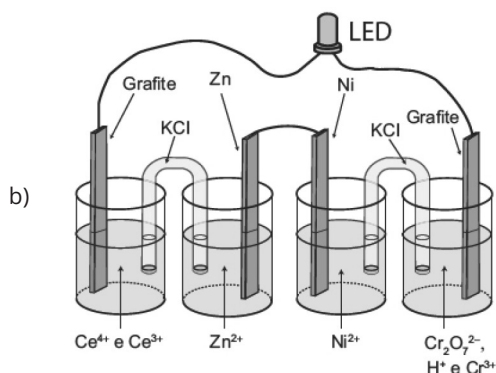
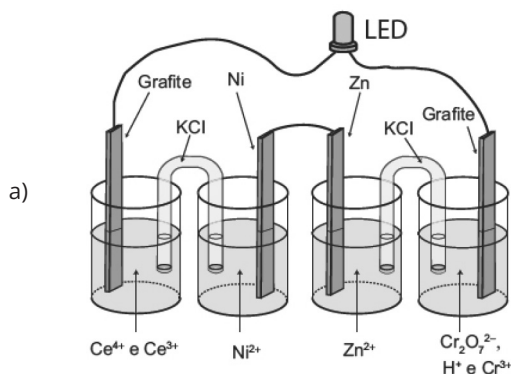
- a) a lixiviação básica e dessulfuração - a lixiviação ácida e solubilização - a redução do Pb^{2+} em Pb^0
- b) a lixiviação ácida e dessulfuração - a lixiviação básica e solubilização - a redução do Pb^{4+} em Pb^0
- c) a lixiviação básica e dessulfuração - a lixiviação ácida e solubilização - a redução do Pb^0 em Pb^{2+}
- d) a lixiviação ácida e dessulfuração - a lixiviação básica e solubilização - a redução do Pb^{2+} em Pb^0
- e) a lixiviação básica e dessulfuração - a lixiviação ácida e solubilização - a redução do Pb^{4+} em Pb^0



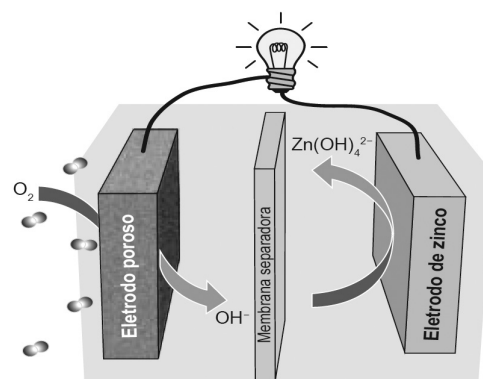
○ 15. (ENEM) A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório, pretende-se associar duas pilhas em série para acender um LED azul que requer 3,6 volts para o seu funcionamento. Considere as semirreações de redução e seus respectivos potenciais mostrados no quadro.

Semirreação de redução	E° (V)
$\text{Ce}^{4+}_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightarrow \text{Ce}^{3+}_{(\text{aq})}$	+1,61
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}_{(\text{aq})} + 14 \text{H}^+_{(\text{aq})} + 6 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} + 7 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	+1,33
$\text{Ni}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Ni}_{(\text{s})}$	-0,25
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,76

Qual associação em série de pilhas fornece diferença de potencial, nas condições-padrão, suficiente para acender o LED azul?



○ 16. (ENEM) Grupos de pesquisa em todo o mundo vêm buscando soluções inovadoras, visando à produção de dispositivos para a geração de energia elétrica. Dentre eles, pode-se destacar as baterias de zinco-ar, que combinam o oxigênio atmosférico e o metal zinco em um eletrólito aquoso de caráter alcalino. O esquema de funcionamento da bateria zinco-ar está apresentado na figura.



LI, Y.; DAI, H. Recent Advances in Zinc-Air Batteries. Chemical Society Reviews, v. 43, n. 15, 2014 (adaptado).

No funcionamento da bateria, a espécie química formada no ânodo é:

- H_2 (g).
- O_2 (g).
- H_2O (l).
- OH^- (aq).
- $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ (aq).



○ 17. (ENEM)

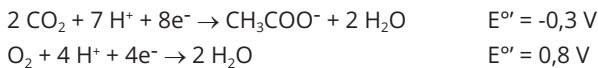
Texto I

Biocélulas combustíveis são uma alternativa tecnológica para substituição das baterias convencionais. Em uma biocélula microbiológica, bactérias catalisam reações de oxidação de substratos orgânicos. Liberam elétrons produzidos na respiração celular para um eletrodo, onde fluem por um circuito externo até o cátodo do sistema, produzindo corrente elétrica. Uma reação típica que ocorre em biocélulas microbiológicas utiliza o acetato como substrato.

AQUINO NETO, S. Preparação e caracterização de bioanodos para biocélula e combustível etanol/O₂. Disponível em: www.teses.usp.br. Acesso em: 23 jun. 2015 (adaptado).

Texto II

Em sistemas bioeletroquímicos, os potenciais padrão (E°) apresentam valores característicos. Para as biocélulas de acetato, considere as seguintes semirreações de redução e seus respectivos potenciais:



SCOTT, K; YU, E. H. Microbial electrochemical and fuel cells: fundamentals and applications. Woodhead Publishing Series in Energy, n° 88, 2016 (adaptado).

Nessas condições, qual é o número mínimo de biocélulas de acetato, ligadas em série, necessárias para se obter uma diferença de potencial de 4,4 V?

- a) 3
- b) 4
- c) 6
- d) 9
- e) 15

○ 18. (ENEM 2021) O quadro lista alguns dispositivos eletrônicos que estão presentes no dia a dia, bem como a faixa de força eletromotriz necessária ao seu funcionamento.

Dispositivo eletrônico		Faixa de força eletromotriz (V)
I	Relógio de parede	1,2 a 1,5
II	Celular	3,5 a 3,8
III	Câmera digital	7,5 a 7,8
IV	Carrinho de controle remoto	10,5 a 10,9
V	Notebook/Laptop	19,5 a 20,0

Considere que uma bateria é construída pela associação em série de três pilhas de lítio-iodo, nas condições-padrão, conforme as semiequações de redução apresentadas.

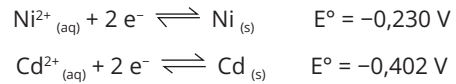


Essa bateria é adequada para o funcionamento de qual dispositivo eletrônico?

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

○ 19. (ENEM 2020) As pilhas recarregáveis, bastante utilizadas atualmente, são formadas por sistemas que atuam como uma célula galvânica, enquanto estão sendo descarregadas, e como célula eletrolítica, quando estão sendo recarregadas.

Uma pilha é formada pelos elementos níquel e cádmio e seu carregador deve fornecer uma diferença de potencial mínima para promover a recarga. Quanto maior a diferença de potencial gerada pelo carregador, maior será o seu custo. Considere os valores de potencial padrão de redução dessas espécies:



Teoricamente, para que um carregador seja ao mesmo tempo eficiente e tenha o menor preço, a diferença de potencial mínima, em volt, que ele deve superar é de:

- a) 0,086.
- b) 0,172.
- c) 0,316.
- d) 0,632.
- e) 1,264.

○ 20. (ENEM 2020) Quando as pilhas, que contêm metais pesados, são descartadas no lixo comum, pode ocorrer o rompimento de sua blindagem e a liberação de seu conteúdo para o meio ambiente. Ao atingir o solo, um metal pesado pode ficar retido nas camadas superiores por três processos: reação com moléculas orgânicas que possuam oxigênio ou nitrogênio em sua estrutura, adsorção em argilas e minerais e reação com grupamento hidroxila, sulfeto ou metil, formando precipitado insolúvel.

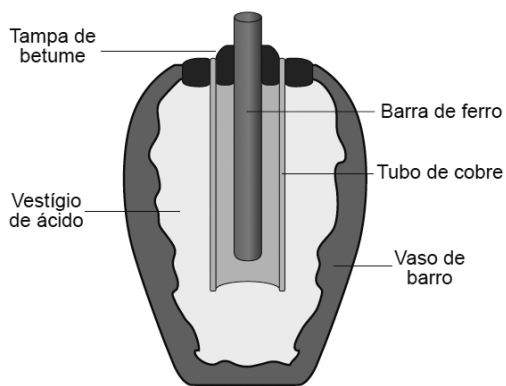
Com bases nas informações apresentadas, são suscetíveis de serem formados no solo os compostos:

- a) CdS e Zn(OH)₂
- b) Pb(OH)₂ e Na₂S
- c) Ni(OH)₂ e Cr(C₂H₅)₂
- d) CdSO₄ e Pb(CH₃CO₂)₂
- e) Hg(CH₃)₂ e Ca(CH₃CO₂)₂

Anotações:



○ 21. (ENEM) Em 1938 o arqueólogo alemão Wilhelm König, diretor do Museu Nacional do Iraque, encontrou um objeto estranho na coleção da Instituição, que poderia ter sido usado como uma pilha, similar às utilizadas em nossos dias. A suposta pilha, datada de cerca de 200 a.C., é constituída de um pequeno vaso de barro (argila) no qual foram instalados um tubo de cobre, uma barra de ferro (aparentemente corroída por ácido) e uma tampa de betume (asfalto), conforme ilustrado. Considere os potenciais-padrão de redução: $(\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$; $(\text{H}^+|\text{H}_2) = 0,00 \text{ V}$; e $(\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$.



As pilhas de Bagdá e a acupuntura. Disponível em: <http://jornalgn.com.br>. Acesso em: 14 dez. 2014 (adaptado).

Nessa suposta pilha, qual dos componentes atuaria como cátodo?

- A tampa de betume.
- O vestígio de ácido.
- A barra de ferro.
- O tubo de cobre.
- O vaso de barro.

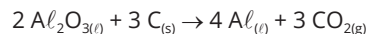
○ 22. (ENEM) Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio no outro. A eletricidade de uma pilha de 1 volt parecia tão fraca, e no entanto podia ser suficiente para desfazer um composto químico, a água...

SACKS, O. Tio Tungstênio: memórias de uma infância química. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.

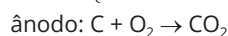
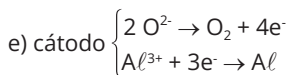
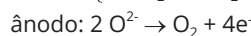
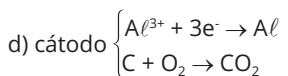
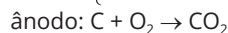
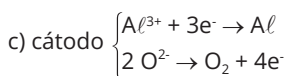
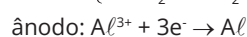
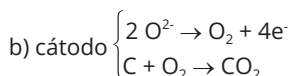
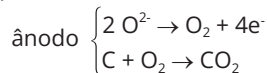
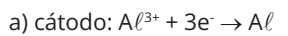
O fragmento do romance de Oliver Sacks relata a separação dos elementos que compõem a água. O princípio do método apresentado é utilizado industrialmente na:

- obtenção de ouro a partir de pepitas.
- obtenção de calcário a partir de rochas.
- obtenção de alumínio a partir da bauxita.
- obtenção de ferro a partir de seus óxidos.
- obtenção de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

○ 23. (ENEM) O alumínio é um metal bastante versátil, pois, a partir dele, podem-se confeccionar materiais amplamente utilizados pela sociedade. A obtenção do alumínio ocorre a partir da bauxita, que é purificada e dissolvida em criolita fundida (Na_3AlF_6) e eletrolisada a cerca de 1.000°C . Há liberação do gás dióxido de carbono (CO_2), formado a partir da reação de um dos produtos da eletrólise com o material presente nos eletrodos. O ânodo é formado por barras de grafita submergidas na mistura fundida. O cátodo é uma caixa de ferro coberta de grafita. A reação global do processo é:



Na etapa de obtenção do alumínio líquido, as reações que ocorrem no cátodo e ânodo são:



○ 24. (ENEM) A eletrólise é muito empregada na indústria com o objetivo de reaproveitar parte dos metais sucateados. O cobre, por exemplo, é um dos metais com maior rendimento no processo de eletrólise, com uma recuperação de, aproximadamente, 99,9%. Por ser um metal de alto valor comercial e de múltiplas aplicações, sua recuperação torna-se viável economicamente.

Suponha que, em um processo de recuperação de cobre puro, tenha-se eletrolisado uma solução de sulfato de cobre (II) (CuSO_4) durante 3h, empregando-se uma corrente elétrica de intensidade igual a 10 A. A massa de cobre puro recuperada é de, aproximadamente:

Dados: Constante de Faraday $F = 96.500 \text{ C/mol}$; Massa molar em $\text{g/mol} = \text{Cu} = 63,5$.

a) 0,02 g

b) 0,04 g

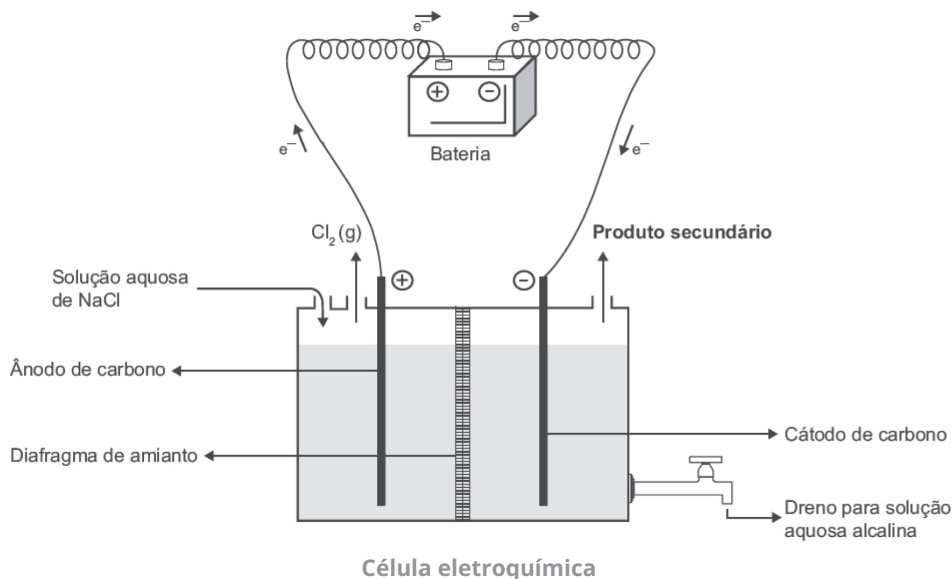
c) 2,40 g

d) 35,5 g

e) 71,0 g



○ 25. (ENEM) A eletrólise é um processo não espontâneo de grande importância para a indústria química. Uma de suas aplicações é a obtenção do gás cloro e do hidróxido de sódio, a partir de uma solução aquosa de cloreto de sódio. Nesse procedimento, utiliza-se uma célula eletroquímica, como ilustrado.



No processo eletrolítico ilustrado, o produto secundário obtido é o:

- a) vapor de água.
- b) oxigênio molecular.
- c) hipoclorito de sódio.
- d) hidrogênio molecular.
- e) cloreto de hidrogênio.

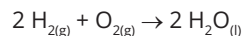
○ 26. (ENEM 2021) Um produto, obtido industrialmente da eletrólise de solução aquosa de cloreto de sódio, tem sido amplamente empregado na indústria, por exemplo, na fabricação de papéis, tecidos e sabões. Normalmente, esse produto é usado na desobstrução de encanamentos e sumidouros, pois é capaz de reagir com gorduras. No entanto, a sua manipulação exige cuidados, pois é altamente corrosivo, podendo, em contato com a pele, provocar vermelhidão, irritação ou “queimaduras” de tecidos vivos. Além disso, se o frasco do produto for abandonado aberto por um longo período de tempo, ele pode absorver CO_2 , convertendo-se em um sal.

Esse produto industrial é o:

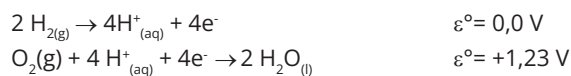
- a) cloro molecular, Cl_2 .
- b) ácido clorídrico, HCl .
- c) ácido sulfúrico, H_2SO_4 .
- d) hidróxido de sódio, NaOH .
- e) carbonato de sódio, Na_2CO_3 .



○ 27. (UFMS) O desenvolvimento da tecnologia para a produção de células de combustível está tendo um grande crescimento, com a fabricação de veículos de “emissão zero”, isto é, não poluentes. As células de combustível de hidrogênio são as mais utilizadas, pois têm como único produto a água:



Os potenciais-padrão das semirreações da célula, a 25°C , são



Para ser gerada energia a partir da célula de combustível, assinale a alternativa correta.

- a) O O_2 é o agente redutor e o H_2 é o agente oxidante.
- b) O hidrogênio se oxida no cátodo.
- c) O potencial-padrão da célula é $+1,23 \text{ V}$, o que indica que seu funcionamento é espontâneo.
- d) No final de um determinado tempo de reação, há aumento da concentração de O_2 e H_2 .
- e) Na geração de energia, a concentração de água diminui.



○ 28. (UFSM) Interprete a tabela dos potenciais-padrão de redução (E^0) dos sistemas de oxirredução:

SEMIRREAÇÃO	POTENCIAL-PADRÃO DE REDUÇÃO E^0 (V)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Ca}$	-2,87
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0,00
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	+0,80

NOVAIS, V. Físico-Química e Química Ambiental. São Paulo: Atual, 1995, p. 289.

Pode-se, então, afirmar o seguinte:

- I. Em uma pilha formada pelos eletrodos de hidrogênio e de cálcio, há a oxidação do hidrogênio e a redução do cálcio.
- II. O sistema $2\text{H}^+/\text{H}_2$ tem E^0 de redução maior que o sistema Ca^{2+}/Ca .
- III. O Li^+ e o Ca^{2+} têm menor tendência a se reduzir que o H^+ .
- IV. O H^+ tem maior tendência a se reduzir que a Ag^+ .

Estão corretas

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

○ 29. (UFSM) O valor da ddp de uma pilha constituída de um ânodo de cromo e um cátodo de prata, cujos potenciais de oxidação sejam +0,74 V e -0,80 V, respectivamente, é igual a

- a) -0,14 V
- b) -1,54 V
- c) +1,54 V
- d) +0,14 V
- e) +0,154 V

○ 30. (UFSM) Tabela de Valores dos Potenciais de Oxidação

Semirreação	E^0 oxid. (Volt)
$\text{Li} \rightleftharpoons \text{Li}^+ + \text{e}^-$	+3,04
$\text{Ca} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$	+2,87
$\text{Al} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	+1,66
$\text{Cr} \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$	+0,74
$\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	0,00
$\text{Ag} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{e}^-$	-0,80
$\text{Hg} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^-$	-0,85

SARDELA, A. Curso de Química - Físico-Química, v. 2. São Paulo: Ática, 1998, p. 258. (adaptado)

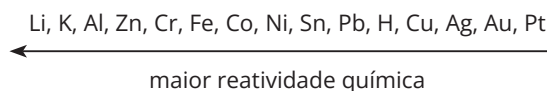
Considerando os valores dos Potenciais de Oxidação apresentados na tabela, é possível afirmar:

- I. O alumínio é melhor agente oxidante que o lítio.
- II. A prata e o mercúrio são agentes redutores em relação ao cálcio e ao lítio.
- III. O lítio e o cálcio perdem elétrons com facilidade.
- IV. Os íons Ag^+ e Hg^{2+} recebem elétrons com facilidade.
- V. O cromo é melhor agente redutor que o alumínio.

Estão corretas

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

○ 31. (UFSM) Na escolha de semijoias, leva-se em consideração o material com que são confeccionadas, pois a oxidação das peças está relacionada com o metal empregado. Foram adquiridos uma pulseira de cobre, uma corrente de estanho e um colar de prata. Observando a série de reatividade dos metais



considere as afirmações a seguir.

- I. Primeiramente se oxidará a corrente de estanho.
- II. O colar de prata será o segundo a ser oxidado.
- III. A pulseira de cobre será a última a ser oxidada.
- IV. O colar de prata e a pulseira de cobre não serão oxidados.
- V. Primeiramente se oxidará a peça de estanho; após, a de cobre e, por último, a de prata.

Estão corretas

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



32. (UFSM)

Tabela de Potenciais-Padrão de Redução

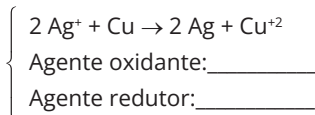
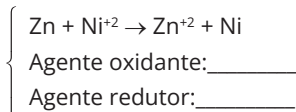
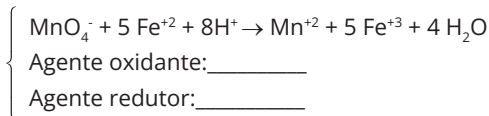
Semirreações	E° (v)
$Zn^{+2} + 2e \rightleftharpoons Zn$	-0,76
$Cr^{+3} + 3e \rightleftharpoons Cr$	-0,74
$Fe^{+3} + 2e \rightleftharpoons Fe$	-0,44
$Ni^{+2} + 2e \rightleftharpoons Ni$	-0,23
$Sn^{+2} + 2e \rightleftharpoons Sn$	-0,14
$Pb^{+2} + 2e \rightleftharpoons Pb$	-0,13
$Fe^{+3} + 3e \rightleftharpoons Fe$	-0,04
$Cu^{+2} + 2e \rightleftharpoons Cu$	+0,34
$I_2(aq) + 2e \rightleftharpoons 2I^-$	+0,54
$Ag^+ + e \rightleftharpoons Ag$	+0,80
$MnO_4^- + 5e + 8H^+ \rightleftharpoons Mn^{+2} + 4H_2O$	+1,49

aumenta o caráter oxidante

aumenta o caráter redutor

HARTWING, D. R.; SOUZA, E.; MOTA, R. N. Química 2. Físico-Química. São Paulo: Scipione, 1990.

Com base nos valores numéricos do E° (potencial-padrão de redução) apresentados na tabela, é possível prever uma reação de oxidação-redução. Nas reações a seguir, complete as lacunas com o agente oxidante e o redutor de cada reação.



Assinale a afirmativa correta.

- a) São agentes oxidantes: MnO_4^- ; Zn; Cu.
- b) São agentes redutores: Fe^{+2} ; Ni^{+2} ; Ag^+ .
- c) São agentes oxidantes: MnO_4^- ; Ni^{+2} ; Ag^+ .
- d) São agentes redutores: Fe^{+2} ; Ni^{+2} ; Cu^{+2} .
- e) São agentes redutores: MnO_4^- ; Zn; Cu.

33. (UFSM 2023) As pilhas comuns, também conhecidas como pilhas ácidas ou pilhas de Leclanché, são muito utilizadas em aparelhos que consomem pouca energia. Já as pilhas alcalinas são semelhantes às pilhas comuns, porém armazenam uma quantidade de energia mais duradoura, sendo indicadas para equipamentos que exigem mais tempo de uso. A principal diferença entre elas é a composição da mistura eletrolítica de cada uma. Enquanto a pilha ácida utiliza uma pasta úmida de cloreto de amônio (NH_4Cl), a pilha alcalina utiliza uma pasta de hidróxido de potássio (KOH). O uso desta última é mais seguro, pois o eletrólito alcalino impede reações que provocam corrosão do material, visto que as pilhas possuem metais pesados e tóxicos.

SOUZA, L. A. de. Pilhas alcalinas. *Brasil Escola*. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/pilhas-alcalinas.htm>>. Acesso em: 26 maio 2023. (Adaptado).

Uma das pilhas alcalinas mais usadas é a de níquel/cádmio, constituída pelo metal cádmio, pelo hidróxido de níquel III e por uma pasta úmida de hidróxido de potássio. As equações e os respectivos potenciais-padrões de redução são representadas no quadro a seguir.

$Ni^{+3} + e^- \rightarrow Ni^{+2}$	+1,0 V
$Cd^{+2} + 2 e^- \rightarrow Cd$	-0,4 V

Com base nas informações do quadro, assinale V (verdadeiro) ou F (falso) em cada afirmativa.

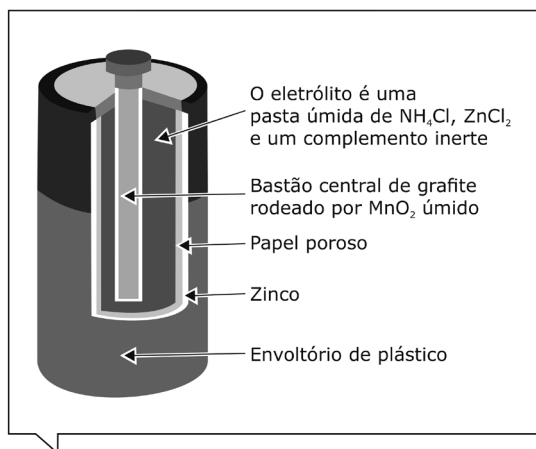
- () O hidróxido de níquel III é o agente oxidante, formando o cátodo da pilha.
- () O sentido do fluxo de elétrons é do hidróxido de níquel III para o cádmio
- () A diferença de potencial da pilha de níquel/cádmio é de +0,6V, sendo o níquel o agente redutor da pilha.
- () O polo negativo está no cádmio, que sofre a oxidação.

A sequência correta é

- a) F - V - V - F.
- b) V - V - F - F.
- c) V - V - V - F.
- d) V - F - F - V.
- e) F - F - F - V.



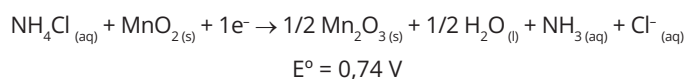
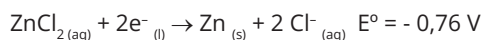
34. (UFSM 2023) Observe a figura:



Fonte: LEMBO, Antônio. *Química - Realidade e Contexto*. Vol. 2. São Paulo: Ática, 1999, p. 454.

A pilha seca comum, utilizada em rádios, lanternas e brinquedos eletrônicos, é uma adaptação da pilha de Leclanché e utiliza, como meio eletrolítico, uma pasta umedecida contendo sais, como o cloreto de amônio e o cloreto de zinco.

As semirreações para essa pilha são:



Então, é possível afirmar:

- I. O Zn se reduz e o Mn se oxida.
- II. A diferença de potencial da pilha é de 1,5 V.
- III. A reação global que ocorre na pilha é:
 $2\text{MnO}_{2(s)} + 2\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)} + \text{Zn}_{(s)} \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2\text{NH}_{3(aq)} + \text{ZnCl}_{2(aq)}$
- IV. À medida que a pilha vai sendo consumida (gasta), há aumento nas massas de dióxido de manganês e água.

Estão corretas

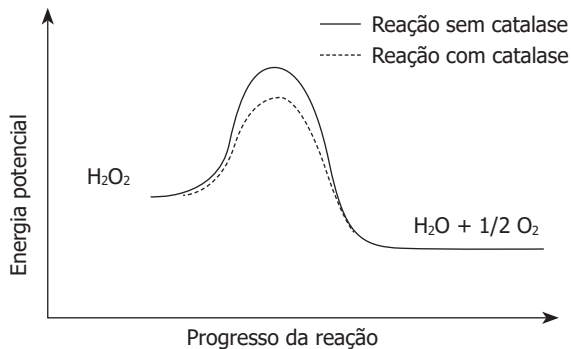
- a) apenas I e II.
- b) apenas I e III.
- c) apenas II e III.
- d) apenas II e IV.
- e) apenas III e IV.



HABILIDADES À PROVA 7

» Cinética Química

○ 1. (ENEM 2020) O peróxido de hidrogênio é um produto secundário do metabolismo celular e apresenta algumas funções úteis, mas, quando em excesso, é prejudicial, gerando radicais que são tóxicos para as células. Para se defender, o organismo vivo utiliza a enzima catalase, que decompõe H_2O_2 em H_2O e O_2 . A energia de reação de decomposição, quando na presença e ausência da catalase, está mostrada no gráfico.



Disponível em: www.pontociencia.org.br. Acesso em: 14 ago. 2013 (adaptado).

Na situação descrita, o organismo utiliza a catalase porque ela:

- a) diminui a energia de ativação.
- b) permite maior rendimento da reação.
- c) diminui o valor da entalpia da reação.
- d) consome rapidamente o oxigênio do reagente.
- e) reage rapidamente com o peróxido de hidrogênio.

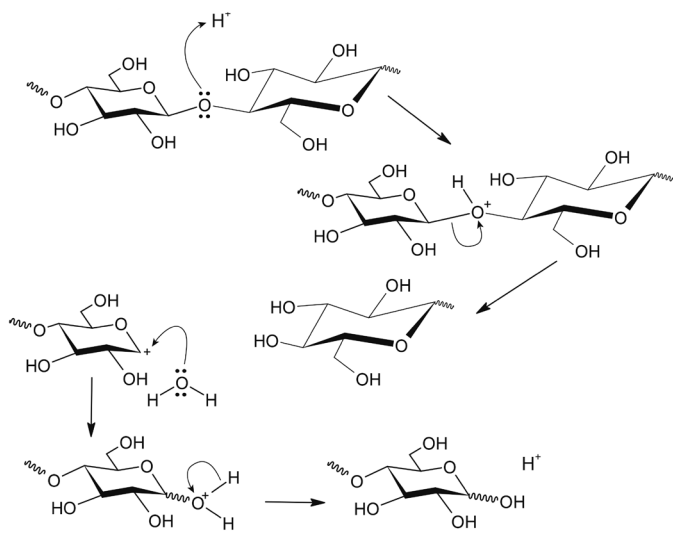
○ 2. (ENEM 2021) Grande parte da atual frota brasileira de veículos de passeio tem tecnologia capaz de identificar e processar tanto o etanol quanto a gasolina. Quando queimados, no interior do motor, esses combustíveis são transformados em produtos gasosos, num processo com variação de entalpia menor que zero ($\Delta H < 0$). Esse processo necessita de uma energia de ativação, a qual é fornecida por uma centelha elétrica.

O gráfico que esboça a variação da energia potencial no progresso da reação é representado por:

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



○ 3. (ENEM 2022) A biomassa celulósica pode ser utilizada para a produção de etanol de segunda geração. Entretanto, é necessário que os polissacarídeos sejam convertidos em mono e dissacarídeos, processo que pode ser conduzido em meio ácido, conforme mostra o esquema:



OGEDA, T. L.; PETRI, D. F. S. [...] Química Nova, n. 7, 2010 (adaptado).

Nessa conversão de polissacarídeos, a função do íon H^+ é:

- dissolver os reagentes.
- deslocar o equilíbrio químico.
- aumentar a velocidade da reação.
- mudar a constante de equilíbrio da reação.
- formar ligações de hidrogênio com o polissacarídeo.

○ 4. (ENEM) A hematita ($\alpha - Fe_2O_3$), além de ser utilizada para obtenção do aço, também é utilizada como um catalisador de processos químicos, como na síntese da amônia, importante matéria-prima da indústria agroquímica.

MEDEIROS, M. A. F. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 32, nº 3, ago. 2010 (adaptado).

O uso da hematita viabiliza economicamente a produção da amônia, porque:

- diminui a rapidez da reação.
- diminui a energia de ativação da reação.
- aumenta a variação da entalpia da reação.
- aumenta a quantidade de produtos formados.
- aumenta o tempo do processamento da reação.

○ 5. (ENEM) Alguns fatores podem alterar a rapidez das reações químicas. A seguir destacam-se três exemplos no contexto da preparação e da conservação de alimentos:

- A maioria dos produtos alimentícios se conserva por muito mais tempo quando submetidos à refrigeração. Esse procedimento diminui a rapidez das reações que contribuem para a degradação de certos alimentos.
- Um procedimento muito comum utilizado em práticas de culinária é o corte dos alimentos para acelerar o seu cozimento, caso não se tenha uma panela de pressão.
- Na preparação de iogurtes, adicionam-se ao leite bactérias produtoras de enzimas que aceleram as reações envolvendo açúcares e proteínas lácteas.

Com base no texto, quais são os fatores que influenciam a rapidez das transformações químicas relacionadas aos exemplos 1, 2 e 3, respectivamente?

- temperatura - superfície de contato - concentração
- concentração - superfície de contato - catalisadores
- temperatura - superfície de contato - catalisadores
- superfície de contato - temperatura - concentração
- temperatura - concentração - catalisadores

○ 6. (ENEM) Companhias que fabricam jeans usam cloro para o clareamento, seguido de lavagem. Algumas estão substituindo o cloro por substâncias ambientalmente mais seguras como peróxidos, que podem ser degradados por enzimas chamadas peroxidases. Pensando nisso, pesquisadores inseriram genes codificadores de peroxidases em leveduras cultivadas nas condições de clareamento e lavagem dos jeans e selecionaram as sobreviventes para produção dessas enzimas.

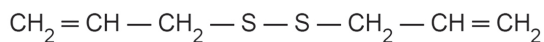
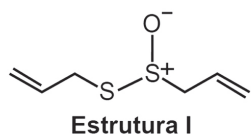
TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. Rio de Janeiro: Artmed, 2016 (adaptado).

Nesse caso, o uso dessas leveduras modificadas objetiva:

- reduzir a quantidade de resíduos tóxicos nos efluentes da lavagem.
- eliminar a necessidade de tratamento da água consumida.
- eleva a capacidade de clareamento dos jeans.
- aumentar a resistência do jeans a peróxidos.
- associar ação bactericida ao clareamento.



○ **7. (ENEM)** O odor que permanece nas mãos após o contato com alho pode ser eliminado pela utilização de um “sabonete de aço inoxidável”, constituído de aço inox (74%), cromo e níquel. A principal vantagem desse “sabonete” é que ele não se desgasta com o uso. Considere que a principal substância responsável pelo odor de alho é a alicina (estrutura I) e que, para que o odor seja eliminado, ela seja transformada na estrutura II.



Estrutura II

Na conversão de I em II, o “sabonete” atuará como um:

- a) ácido.
- b) redutor.
- c) eletrólito.
- d) tensoativo.
- e) catalisador.

○ **8. (ENEM 2020)** A sacarase (ou invertase) é uma enzima que atua no intestino humano hidrolisando o dissacarídeo sacarose nos monossacarídeos glicose e frutose. Em um estudo cinético da reação de hidrólise da sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$), foram dissolvidos 171 g de sacarose em 500 mL de água. Observou-se que, a cada 100 minutos de reação, a concentração de sacarose foi reduzida à metade, qualquer que fosse o momento escolhido como tempo inicial. As massas molares dos elementos H, C e O são iguais a 1, 12 e 16 g mol⁻¹, respectivamente.

Qual é a concentração de sacarose depois de 400 minutos do início da reação de hidrólise?

- a) $2,50 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹
- b) $6,25 \times 10^{-2}$ mol L⁻¹
- c) $1,25 \times 10^{-1}$ mol L⁻¹
- d) $2,50 \times 10^{-1}$ mol L⁻¹
- e) $4,27 \times 10^{-1}$ mol L⁻¹



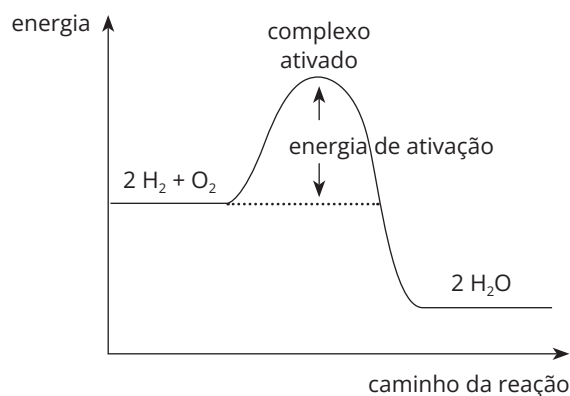
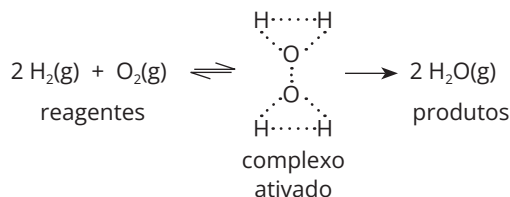
○ **9. (ENEM 2021)** Os pesticidas organoclorados foram amplamente empregados na agricultura, contudo, em razão das suas elevadas toxicidades e persistências no meio ambiente, eles foram banidos. Considere a aplicação de 500 g de um pesticida organoclorado em uma cultura e que, em certas condições, o tempo de meia-vida do pesticida no solo seja de 5 anos.

A massa do pesticida no decorrer de 35 anos será mais próxima de:

- a) 3,9 g.
- b) 31,2 g.
- c) 62,5 g.
- d) 125,0 g.
- e) 250,0 g.

○ **10. (UFSM)** A água que forma os oceanos gotejou das nuvens, depois que a temperatura elevada no interior da jovem Terra retirou átomos de oxigênio e hidrogênio de rochas constituídas de compostos, como a mica. As moléculas então formadas foram levadas à superfície em rios de lava, depois foram liberadas como vapor d’água, formando grandes nuvens. Desse modo, nossos oceanos já foram um dia nossas rochas.

Sendo dados a reação de formação da água e o gráfico representativo do caminho da reação, ou seja,



Assinale a alternativa correta.

- a) A reação de formação da água é endotérmica.
- b) A adição de um catalisador aumenta a velocidade de formação da água pois diminui a entalpia de reação.
- c) Quanto maior a frequência de colisões efetivas entre as moléculas de H₂ e O₂, maior a velocidade da reação.
- d) A velocidade de decomposição de H_{2(g)} é metade da velocidade de decomposição de O_{2(g)}.
- e) A velocidade de decomposição de O_{2(g)} é o dobro da velocidade de formação do H_{2O(g)}.

○ **11. (UFSM)** Para que ocorra uma reação química, é necessário que os reagentes entrem em contato, através de colisões, o que se chama Teoria das Colisões. Essa teoria baseia-se em que

- I. todas as colisões entre os reagentes são efetivas (ou favoráveis).
- II. a velocidade da reação é diretamente proporcional ao número de colisões efetivas (ou favoráveis).
- III. existem colisões que não são favoráveis à formação do produto.
- IV. maior será a velocidade de reação, quanto maior for a energia de ativação.

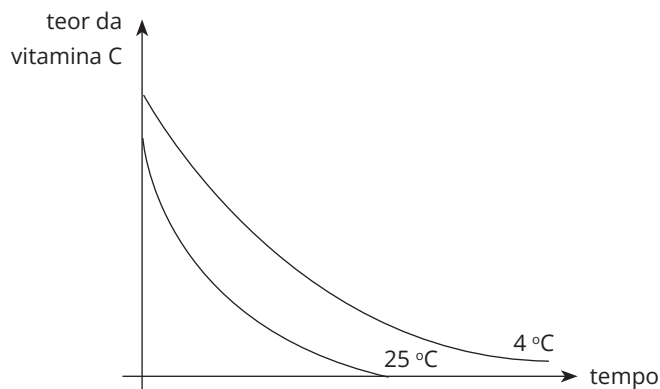
Estão corretas

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



○ **12. (UFSM)** A vitamina C é muito usada como aditivo de alimentos processados. Ela é oxidada pelo ar, o que protege outras substâncias presentes nos alimentos. Um certo alimento processado, inicialmente embalado a vácuo, é aberto e armazenado sob duas condições diferentes em refrigerador a 4 °C e em armário, fechado à temperatura ambiente, 25 °C.

O gráfico mostra a variação do teor de vitamina C com o tempo em cada uma dessas condições.



Analisando o gráfico, é correto afirmar que a velocidade de oxidação da vitamina C

- é maior a 4 °C do que a 25 °C.
- é diretamente proporcional à temperatura de armazenagem do produto.
- é inversamente proporcional à temperatura de armazenagem do produto.
- não depende da temperatura de armazenagem do produto.
- é maior no refrigerador, por causa da umidade.

○ **13. (UFSM)** A ação de um catalisador, em uma reação química, aumenta

- o número de colisões eficazes.
- a quantidade de produtos.
- o tempo de reação.
- a energia de ativação.
- a "barreira" de energia.

○ **14. (UFSM 2023)** A cientista baiana Viviane dos Santos Barbosa recebeu premiação máxima em 2010 pelo desenvolvimento de catalisadores metálicos nanoestruturados. O controle de dimensões em escala nanométricas tem o potencial de gerar novas propriedades catalíticas, garantindo maior grau de porosidade do material e reduzindo a quantidade de catalisador utilizado.

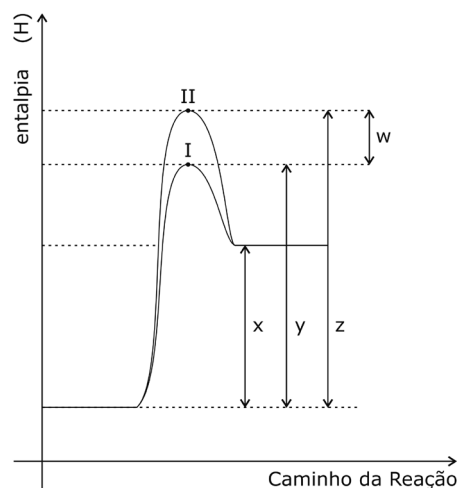
Fonte: BAHIA, Fundação de amparo à pesquisa do Estado da Bahia. Baiana com especialização na área de nanotecnologia recebe prêmio na Finlândia. Bahia, 23 nov. 2010. Disponível em: <<http://www.fapesb.ba.br/baianacom-especializacao-na-area-de-nanotecnologia-recebe-premio-na-finlandia/>>. Acesso em: 28 maio 2023. (Adaptado).

Os catalisadores são substâncias que alteram a velocidade das transformações químicas. Muitos deles atuam sobre a etapa mais lenta da reação, facilitando a formação do complexo ativado. O uso desses compostos pode reduzir a quantidade de

reagentes, auxiliar na síntese de produtos menos agressivos, aumentar a eficiência energética, evitar a formação de subprodutos indesejáveis e facilitar a degradação de substâncias tóxicas no meio ambiente.

Fonte: SANTOS, W. L. P. S.; MÓL, G. S. *Química cidadã*: volume 2: ensino médio: 2ª série/2ª ed. São Paulo: Editora AJS, 2013. (Adaptado).

Uma reação química com e sem catalisador e as diferentes energias envolvidas é representada pelo gráfico a seguir.



Com base no gráfico e nos valores de **x**, **y**, **z** e **w**, é correto afirmar que

- Na curva I, a reação é mais lenta, com energia de ativação representado por **y** e ΔH representado por **x**.
- Na curva I, ocorre a diminuição da energia de ativação de **z** para **y**, porém o ΔH é constante, representado por **x**.
- Na curva II, a ausência de catalisador aumenta o ΔH de **y** para **z**.
- Na curva II, a energia de ativação é representado por **w** e equivale ao ΔH .
- Na curva I, a presença do catalisador aumenta a energia de ativação de **y** para **z** e o ΔH é representado por **w**.

○ **15. (UFSM)** Os sais estão presentes nos *shows* pirotécnicos. Os fogos de artifício utilizam sais pulverizados de diferentes íons metálicos como, por exemplo, o sódio (cor amarela) e o potássio (cor violeta), misturados com material explosivo, como a pólvora. Quando a pólvora queima, elétrons dos metais presentes sofrem excitação eletrônica, liberando a energia na forma de luz.

Sobre a cinética da reação, é correto afirmar:

- Quanto maior a superfície de contato entre os reagentes, mais rápida é a reação; assim, quanto mais dividido o reagente sólido, mais a reação será acelerada.
- A queima dos fogos de artifício é facilitada pelo uso de sais pulverizados, pois estes diminuem a energia de ativação da reação.
- A temperatura gerada na queima de fogos de artifício reduz a frequência dos choques entre as partículas de reagentes, tornando a reação mais rápida.
- A reação é mais rápida, pois, ao se utilizar o sal pulverizado, a frequência das colisões é menor, favorecendo, assim, a reação.
- A pólvora age como um catalisador, diminuindo a energia de ativação total da reação química.



HABILIDADES À PROVA 8

» Equilíbrio Químico

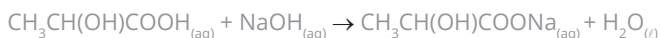
○ 1. (ENEM) Após seu desgaste completo, os pneus podem ser queimados para a geração de energia. Dentre os gases gerados na combustão completa da borracha vulcanizada, alguns são poluentes e provocam a chuva ácida. Para evitar que escapem para a atmosfera, esses gases podem ser borbulhados em uma solução aquosa contendo uma substância adequada. Considere as informações das substâncias listadas no quadro.

Substância	Equilíbrio em solução aquosa	Valor da constante de equilíbrio
Fenol	$C_6H_5OH + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H_3O^+$	$1,3 \times 10^{-10}$
Piridina	$C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$	$1,7 \times 10^{-9}$
Metilamina	$CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$	$4,4 \times 10^{-4}$
Hidrogenofosfato de potássio	$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4^- + OH^-$	$2,8 \times 10^{-2}$
Hidrogenosulfato de potássio	$HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H_3O^+$	$3,1 \times 10^{-2}$

Dentre as substâncias listadas no quadro, aquela capaz de remover com maior eficiência os gases poluentes é o(a):

- a) fenol.
- b) piridina.
- c) metilamina.
- d) hidrogenofosfato de potássio.
- e) hidrogenosulfato de potássio.

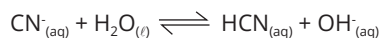
○ 2. (ENEM) Alguns profissionais burlam a fiscalização quando adicionam quantidades controladas de solução aquosa de hidróxido de sódio a tambores de leite de validade vencida. Assim que o teor de acidez, em termos de ácido láctico, encontra-se na faixa permitida pela legislação, o leite adulterado passa a ser comercializado. A reação entre o hidróxido de sódio e o ácido láctico pode ser representada pela equação química:



A consequência dessa adulteração é o(a):

- a) aumento do pH do leite.
- b) diluição significativa do leite.
- c) precipitação do lactado de sódio.
- d) diminuição da concentração de sais.
- e) aumento na concentração de íons H^+ .

○ 3. (ENEM) O cianeto de sódio, NaCN, é um poderoso agente complexante, usado em laboratórios químicos e em indústrias de extração de ouro. Quando uma indústria lança NaCN sólido nas águas de um rio, ocorre o seguinte equilíbrio químico:

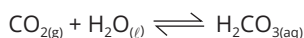


Esse equilíbrio químico é decorrente de uma reação de:

- a) síntese.
- b) hidrólise.
- c) oxirredução.
- d) precipitação.
- e) decomposição.



○ 4. (ENEM) Às vezes, ao abrir um refrigerante, percebe-se que uma parte do produto vaza rapidamente pela extremidade do recipiente. A explicação para esse fato está relacionada à perturbação do equilíbrio químico existente entre alguns dos ingredientes do produto, de acordo com a equação:



A alteração do equilíbrio anterior, relacionada ao vazamento do refrigerante nas condições descritas, tem como consequência a:

- liberação de CO_2 para o ambiente.
- elevação da temperatura do recipiente.
- elevação da pressão interna no recipiente.
- elevação da concentração de CO_2 no líquido.
- formação de uma quantidade significativa de H_2O .

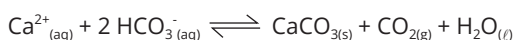
○ 5. (ENEM) Hipoxia ou mal das alturas consiste na diminuição de oxigênio (O_2) no sangue arterial do organismo. Por essa razão, muitos atletas apresentam mal-estar (dores de cabeça, tontura, falta de ar etc.) ao praticarem atividade física em altitudes elevadas. Nessas condições, ocorrerá uma diminuição na concentração de hemoglobina oxigenada (HbO_2) em equilíbrio no sangue, conforme a relação:



A alteração da concentração de hemoglobina oxigenada no sangue ocorre por causa do(a):

- elevação da pressão arterial.
- aumento da temperatura corporal.
- redução da temperatura do ambiente.
- queda da pressão parcial de oxigênio.
- diminuição da quantidade de hemácias.

○ 6. (ENEM) A formação de estalactites depende da reversibilidade de uma reação química. O carbonato de cálcio (CaCO_3) é encontrado em depósitos subterrâneos na forma de pedra calcária. Quando um volume de água rica em CO_2 dissolvido infiltra-se no calcário, o minério dissolve-se formando íons Ca^{2+} e HCO_3^- . Em uma segunda etapa, a solução aquosa desses íons chega a uma caverna e ocorre a reação inversa, promovendo a liberação de CO_2 e a deposição de CaCO_3 , de acordo com a equação apresentada.



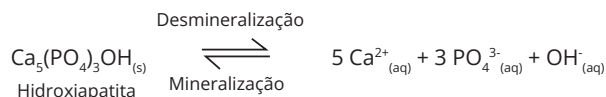
$$\Delta H = +40,94 \text{ kJ/mol}$$

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. L.; WEAVER, G. C. Química geral e reações químicas. São Paulo: Cengage Learning, 2010 (adaptado).

Considerando o equilíbrio que ocorre na segunda etapa, a formação de carbonato será favorecida pelo(a):

- diminuição da concentração de íons OH^- no meio.
- aumento da pressão do ar no interior da caverna.
- diminuição da concentração de HCO_3^- no meio.
- aumento da temperatura no interior da caverna.
- aumento da concentração de CO_2 dissolvido.

○ 7. (ENEM) Os refrigerantes têm-se tornado cada vez mais o alvo de políticas públicas de saúde. Os de cola apresentam ácido-fosfórico, substância prejudicial à fixação de cálcio, o mineral que é o principal componente da matriz dos dentes. A cárie é um processo dinâmico de desequilíbrio do processo de desmineralização dentária, perda de minerais em razão da acidez. Sabe-se que o principal componente do esmalte do dente é um sal denominado hidroxiapatita. O refrigerante, pela presença da sacarose, faz decrescer o pH do biofilme (placa bacteriana), provocando a desmineralização do esmalte dentário. Os mecanismos de defesa salivar levam de 20 a 30 minutos para normalizar o nível do pH, remineralizando o dente. A equação química seguinte representa esse processo:

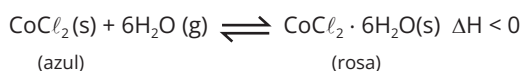


GROISMAN, S. Impacto do refrigerante nos dentes é avaliado sem tirá-lo da dieta. Disponível em: www.isaude.net. Acesso em: 1 maio 2010 (adaptado).

Considerando que uma pessoa consuma refrigerantes diariamente, poderá ocorrer um processo de desmineralização dentária, devido ao aumento da concentração de:

- OH^- , que reage com os íons Ca^{2+} , deslocando o equilíbrio para a direita.
- H^+ , que reage com as hidroxilas OH^- , deslocando o equilíbrio para a direita.
- OH^- , que reage com os íons Ca^{2+} , deslocando o equilíbrio para a esquerda.
- H^+ , que reage com as hidroxilas OH^- , deslocando o equilíbrio para a esquerda.
- Ca^{2+} , que reage com as hidroxilas OH^- , deslocando o equilíbrio para a esquerda.

○ 8. (ENEM 2020) Para garantir que produtos eletrônicos estejam armazenados de forma adequada antes da venda, algumas empresas utilizam cartões indicadores de umidade nas embalagens desses produtos. Alguns desses cartões contêm um sal de cobalto que muda de cor em presença de água, de acordo com a equação química:



Como você procederia para reutilizar, num curto intervalo de tempo, um cartão que já estivesse com a coloração rosa?

- Resfriaria no congelador.
- Borrifaria com spray de água.
- Envolveria com papel alumínio.
- Aqueceria com secador de cabelos.
- Embrulharia em guardanapo de papel.



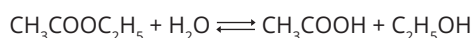
○ **9. (ENEM 2023)** O vidro contendo alumínio em sua composição é um excelente material para acondicionar medicamentos e suplementos, porque pode ser esterilizado por aquecimento. No entanto, quando o medicamento ou suplemento contém substâncias que se ligam fortemente ao íon desse metal, a dissolução do alumínio é promovida em função do deslocamento do equilíbrio químico estabelecido entre a espécie imobilizada no vidro e a espécie em solução. Por essa razão, recomenda-se que suplementos de nutrição de recém-nascidos contendo gluconato de cálcio sejam acondicionados em embalagens plásticas, e não nesse tipo de vidro.

Atualização da recomendação da Sociedade Portuguesa de Neonatologia. Disponível em: www.spneonatologia.pt. Acesso em: 22 out. 2021 (adaptado).

Caso esse suplemento seja acondicionado em embalagem desse tipo de vidro, o risco de contaminação por alumínio será maior se o(a)

- vidro do frasco for translúcido.
- concentração de gluconato de cálcio for alta.
- frasco de vidro apresentar uma maior espessura.
- vidro for previamente esterilizado em altas temperaturas.
- reação do alumínio com gluconato de cálcio for endotérmica.

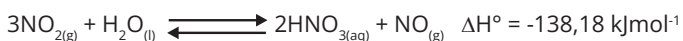
○ **10. (UFSM)** Considere a seguinte reação em equilíbrio:



Segundo o princípio de Le Chatelier, ao se adicionar qualquer quantidade de ácido acético, o equilíbrio se deslocará no sentido da formação de

- água e ácido acético.
- ácido acético e álcool etílico.
- acetato de etila e água.
- maior quantidade de álcool etílico.
- menor quantidade de acetato de etila.

○ **11. (UFSM)** A chuva ácida tem grande impacto sobre o meio ambiente, afetando principalmente a biodiversidade do planeta. Um dos principais poluentes da chuva ácida é o ácido nítrico formado a partir do óxido nítrico (NO), que reage com o oxigênio do ar formando o NO₂. A equação de formação do HNO₃ é



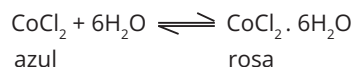
Em relação ao equilíbrio da equação, analise as afirmativas:

- O aumento da temperatura leva a um aumento da concentração de HNO₃.
- O aumento da pressão sobre o sistema tem como efeito o aumento da concentração de HNO₃.
- O aumento da concentração de NO₂, leva a um aumento da concentração de HNO₃.

Está(ão) correta(s)

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

○ **12. (UFSM)** O cloreto de cobalto é uma substância muito usada em objetos que indicam tempo seco ou tempo úmido, por sua propriedade de mudar de coloração de acordo com a presença ou ausência de umidade. A reação que representa essa propriedade é



No caso de desidratação parcial do produto rosa, segundo o Princípio de Le Chatelier, ocorrerá

- um deslocamento do equilíbrio para a esquerda da reação.
- aumento de ambos os produtos.
- destruição total do produto rosa.
- um deslocamento do equilíbrio para a direita da reação.
- uma predominância da coloração rosa.

○ **13. (UFSM 2024)** “Os tipos de água mais conhecidos na região amazônica são: água preta, água clara e água branca. A água preta é pobre em sais minerais, nutrientes e eletrólitos devido à pouca movimentação e ao suave relevo das suas regiões de origem.”

Fonte: DAL PONT, G. Características físicas e químicas dos rios amazônicos. In: *Divulgação Científica*, Notícias. GIA. Curitiba, PR. Publicado em: 20 abr. 2021. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/caracteristicas-fisicas-e-quimicas-dosrios-amazonicos/>. Acesso em: 09 out. 2023.

Assinale V (verdadeiro) ou F (falso) em cada afirmativa a seguir.

- A água preta tem pressão de vapor menor que a água pura devido à presença de sais.
- A ebulição da água preta ocorre em temperatura menor que 100 °C.
- A análise crioscópica da água preta apresenta temperatura de fusão maior que a água pura.

A sequência correta é

- F – V – F.
- F – F – V.
- F – V – V.
- V – F – F.
- V – V – F.



HABILIDADES À PROVA 9

» Equilíbrio Iônico

○ 1. (ENEM) O rótulo de uma garrafa de água mineral natural contém as seguintes informações:

Características físico-químicas	Valor	Composição química	mg/L
pH a 25°C	7,54	bicarbonato	93,84
		cálcio	15,13
		sódio	14,24
Condutividade elétrica a 25°C	151 (μS/cm)	magnésio	3,62
		carbonatos	3,09
		sulfatos	2,30
Resíduo da evaporação a 180°C	126,71 (mg/L)	potássio	1,24
		fosfatos	0,20
		fluoretos	0,20

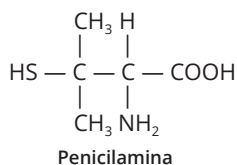
As informações químicas presentes no rótulo de vários produtos permitem classificar o produto de várias formas, de acordo com seu gosto, seu cheiro, sua aparência, sua função, entre outras. As informações da tabela permitem concluir que essa água é:

- gasosa.
- insípida.
- levemente azeda.
- um pouco alcalina.
- radioativa na fonte.

○ 2. (ENEM 2022) A penicilamina é um medicamento de uso oral utilizado no tratamento de várias doenças. Esse composto é excretado na urina, cujo pH se situa entre 5 e 7. A penicilamina, cuja fórmula estrutural plana está apresentada, possui três grupos funcionais que podem ser ionizados:

- carboxila: —COOH, cujo pK_a é igual a 1,8;
- amino: —NH₂, que pode ser convertido em amínio (—NH₃⁺, cujo pK_a é igual a 7,9);
- tiol: —SH, cujo pK_a é igual a 10,5.

Sabe-se que $pK_a = -\log K_a$.



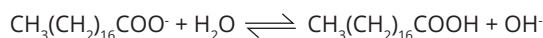
Qual estrutura derivada da penicilamina é predominantemente encontrada na urina?

- $$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3 \text{ H} \\
 | \quad | \\
 \text{S}^- - \text{C} - \text{C} - \text{COO}^- \\
 | \quad | \\
 \text{CH}_3 \text{ NH}_2
 \end{array}$$
- $$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3 \text{ H} \\
 | \quad | \\
 \text{S} - \text{C} - \text{C} - \text{COOH} \\
 | \quad | \\
 \text{CH}_3 \text{ NH}_2
 \end{array}$$
- $$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3 \text{ H} \\
 | \quad | \\
 \text{HS} - \text{C} - \text{C} - \text{COO}^- \\
 | \quad | \\
 \text{CH}_3 \text{ NH}_3^+
 \end{array}$$
- $$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3 \text{ H} \\
 | \quad | \\
 \text{S}^- - \text{C} - \text{C} - \text{COOH} \\
 | \quad | \\
 \text{CH}_3 \text{ NH}_3^+
 \end{array}$$
- $$\begin{array}{c}
 \text{CH}_3 \text{ H} \\
 | \quad | \\
 \text{HS} - \text{C} - \text{C} - \text{COOH} \\
 | \quad | \\
 \text{CH}_3 \text{ NH}_3^+
 \end{array}$$

○ 3. (ENEM) Sabões são sais de ácidos carboxílicos de cadeia longa utilizados com a finalidade de facilitar, durante processos de lavagem, a remoção de substâncias de baixa solubilidade em água, por exemplo, óleos e gorduras. A figura a seguir representa a estrutura de uma molécula de sabão.



Em solução, os ânions do sabão podem hidrolisar a água e, desse modo, formar o ácido carboxílico correspondente. Por exemplo, para o estearato de sódio, é estabelecido o seguinte equilíbrio:



Uma vez que o ácido carboxílico formado é pouco solúvel em água e menos eficiente na remoção de gorduras, o pH do meio deve ser controlado de maneira a evitar que o equilíbrio acima seja deslocado para a direita.

Com base nas informações do texto, é correto concluir que os sabões atuam de maneira:

- mais eficiente em pH básico.
- mais eficiente em pH ácido.
- mais eficiente em pH neutro.
- eficiente em qualquer faixa de pH.
- mais eficiente em pH ácido ou neutro.



○ 4. (ENEM 2021) No cultivo por hidroponia, são utilizadas soluções nutritivas contendo macronutrientes e micronutrientes essenciais. Além dos nutrientes, o pH é um parâmetro de extrema importância, uma vez que ele afeta a preparação da solução nutritiva e a absorção dos nutrientes pelas plantas. Para o cultivo de alface, valores de pH entre 5,5 e 6,5 são ideais para o seu desenvolvimento. As correções de pH são feitas pela adição de compostos ácidos ou básicos, mas não devem introduzir elementos nocivos às plantas. Na tabela, são apresentados alguns dados da composição da solução nutritiva de referência para esse cultivo. Também é apresentada a composição de uma solução preparada por um produtor de cultivo hidropônico.

Espécies químicas		Concentração, mmol/L	
		Composição de referência (5,5 < pH < 6,5)	Solução nutritiva preparada (pH = 4,3)
Macronutrientes	$N(NH_4^+)$	1,0	0,8
	$P(H_2PO_4^-)$	1,0	1,0
	K^+	6,0	3,5
	Ca^{2+}	4,0	3,0
	SO_4^{2-}	2,0	1,0
Micronutrientes	Fe^{2+}	90×10^{-3}	70×10^{-3}
	Cl^-	-	$4,5 \times 10^{-3}$

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. Introdução à química da água: ciência, vida e sobrevivência. Rio de Janeiro: LTC, 2012 (adaptado).

Para correção do pH da solução nutritiva preparada, esse produtor pode empregar uma solução de:

- ácido fosfórico, H_3PO_4 .
- sulfato de cálcio, $CaSO_4$.
- óxido de alumínio, Al_2O_3 .
- cloreto de ferro(II), $FeCl_2$.
- hidróxido de potássio, KOH .

○ 5. (ENEM) Visando minimizar impactos ambientais, a legislação brasileira determina que resíduos químicos lançados diretamente no corpo receptor tenham pH entre 5,0 e 9,0. Um resíduo líquido aquoso gerado em um processo industrial tem concentração de íons hidroxila igual a $1,0 \cdot 10^{-10}$ mol/L. Para atender a legislação, um químico separou as seguintes substâncias, disponibilizadas no almoxarifado da empresa: CH_3COOH , Na_2SO_4 , CH_3OH , K_2CO_3 e NH_4Cl .

Para que o resíduo possa ser lançado diretamente no corpo receptor, qual substância poderia ser empregada no ajuste do pH?

- CH_3COOH
- Na_2SO_4
- CH_3OH
- K_2CO_3
- NH_4Cl

○ 6. (ENEM 2020) Reflorestamento é uma ação ambiental que visa repovoar áreas que tiveram a vegetação removida. Uma empresa deseja fazer um replantio de árvores e dispõe de cinco produtos que podem ser utilizados para corrigir o pH do solo que se encontra básico. As substâncias presentes nos produtos disponíveis são: CH_3COONa , NH_4Cl , $NaBr$, $NaOH$ e KCl .

A substância a ser adicionada ao solo para neutralizá-lo é:

- CH_3COONa .
- NH_4Cl .
- $NaBr$.
- $NaOH$.
- KCl .

○ 7. (ENEM) Uma dona de casa acidentalmente deixou cair na geladeira a água proveniente do degelo de um peixe, o que deixou um cheiro forte e desagradável dentro do eletrodoméstico. Sabe-se que o odor característico de peixe se deve às aminas e que esses compostos se comportam como bases.

Na tabela são listadas as concentrações hidrogeniônicas de alguns materiais encontrados na cozinha, que a dona de casa pensa em utilizar na limpeza da geladeira.

Material	Concentração de H_3O^+ (mol/L)
Suco de limão	10^{-2}
Leite	10^{-6}
Vinagre	10^{-3}
Álcool	10^{-8}
Sabão	10^{-12}
Carbonato de sódio/barrilha	10^{-8}

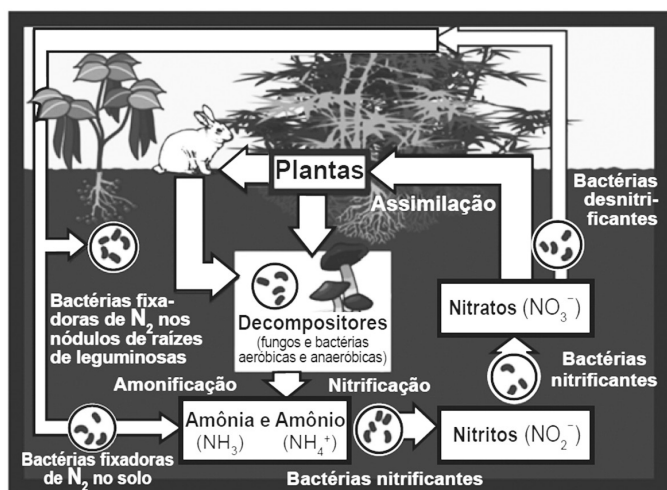
Dentre os materiais listados, quais são apropriados para amenizar esse odor?

- Álcool ou sabão.
- Suco de limão ou álcool.
- Suco de limão ou vinagre.
- Suco de limão, leite ou sabão.
- Sabão ou carbonato de sódio/barrilha.

Anotações:



8. (ENEM 2022) O esquema representa o ciclo do nitrogênio:



A chuva ácida interfere no ciclo do nitrogênio, principalmente, por proporcionar uma diminuição do pH do solo e da atmosfera, alterando a concentração dos compostos presentes nesse ciclo.

Disponível em: <http://scienceprojectideasforkids.com>. Acesso em: 6 ago. 2012 (adaptado).

Em um solo de menor pH, será favorecida a formação de:

- a) N_2
- b) NH_3
- c) NH_4^+
- d) NO_2^-
- e) NO_3^-

9. (ENEM) Cinco indústrias de ramos diferentes foram instaladas ao longo do curso de um rio. O descarte dos efluentes dessas indústrias acarreta impacto na qualidade de suas águas. O pH foi determinado em diferentes pontos desse rio, a 25°C, e os resultados são apresentados no quadro.

Pontos de coleta	Valor do pH
Antes da primeira indústria	5,5
Entre a primeira e a segunda indústria	5,5
Entre a segunda e a terceira indústria	7,5
Entre a terceira e a quarta indústria	7,0
Entre a quarta e a quinta indústria	7,0
Após a quinta indústria	6,5

A indústria que descarta um efluente com características básicas é a:

- a) primeira.
- b) segunda
- c) terceira.
- d) quarta.
- e) quinta.

10. (ENEM) As antocianinas (componente natural de frutas roxas, como uva e açaí) são moléculas interessantes para a produção de embalagens inteligentes, pois têm capacidade de mudar de cor, conforme muda o pH. Em soluções com pH abaixo de 3,0, essas moléculas apresentam uma coloração do laranja ao vermelho mais intenso. Com o aumento do pH para a faixa de 4,0 a 5,0, a coloração vermelha tende a desaparecer. Além disso, aumentamos adicionais de pH levam as antocianinas a apresentarem uma coloração entre o verde e o azul.

Disponível em: www.biotecnologia.com.br. Acesso em: 25 nov. 2011 (adaptado).

Estas embalagens são capazes de identificar quando o alimento está em decomposição, pois se tornam:

- a) vermelho claro, pela formação de uma solução neutra.
- b) verde e azul, devido à presença de substâncias básicas.
- c) laranja e vermelho, pela liberação de hidroxilas no alimento.
- d) laranja e vermelho intenso, pela produção de ácidos orgânicos.
- e) verde e azul, devido ao aumento de íons de hidrogênio no alimento.

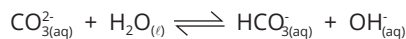
11. (ENEM 2020) É possível identificar adulterantes do leite de vaca por meio da adição do indicador azul de bromofenol. A presença de agentes oxidantes provoca a descoloração do indicador, mantendo a cor branca na amostra, característica do leite. Substâncias redutoras presentes no leite reagem com o azul de bromofenol, gerando a cor verde. A diminuição do valor de pH do leite torna o indicador amarelo. Em pH mais elevado, o indicador adquire a cor violeta e, em meio neutro, a cor azul. Considere que um lote industrial de leite em embalagem longa vida foi adulterado com excesso de soda cáustica.

Em uma inspeção sanitária do lote adulterado, qual será a cor apresentada pelo leite após adição do indicador azul de bromofenol?

- a) Azul
- b) Verde
- c) Violeta
- d) Branco
- e) Amarelo

Anotações:

○ **12. (ENEM)** O pH do solo pode variar em uma faixa significativa devido a várias causas. Por exemplo, o solo de áreas com chuvas escassas, mas com concentrações elevadas do sal solúvel carbonato de sódio (Na_2CO_3), torna-se básico devido à reação de hidrólise do íon carbonato, segundo o equilíbrio:



Esses tipos de solo são alcalinos demais para fins agrícolas e devem ser remediados pela utilização de aditivos químicos.

BAIRD, C. Química ambiental. São Paulo: Artmed, 1995 (adaptado).

Suponha que, para remediar uma amostra desse tipo de solo, um técnico tenha utilizado como aditivo a cal virgem (CaO). Nesse caso, a remediação:

- foi realizada, pois o caráter básico da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a direita, em decorrência da elevação de pH do meio.
- foi realizada, pois o caráter ácido da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a esquerda, em decorrência da redução de pH do meio.
- não foi realizada, pois o caráter ácido da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a direita, em decorrência da redução de pH do meio.
- não foi realizada, pois o caráter básico da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a esquerda, em decorrência da elevação de pH do meio.
- não foi realizada, pois o caráter neutro da cal virgem promove o deslocamento do equilíbrio descrito para a esquerda, em decorrência da manutenção de pH do meio.

○ **14. (ENEM)** Laboratórios de química geram como subprodutos substâncias ou misturas que, quando não têm mais utilidade nesses locais, são consideradas resíduos químicos. Para o descarte na rede de esgoto, o resíduo deve ser neutro, livre de solventes inflamáveis e elementos tóxicos como Pb, Cr e Hg. Uma possibilidade é fazer uma mistura de dois resíduos para obter um material que apresente as características necessárias para o descarte. Considere que um laboratório disponha de frascos de volumes iguais cheios dos resíduos, listados no quadro.

Qual combinação de resíduos poderá ser descartada na rede de esgotos?

- I e II
- II e III
- II e IV
- V e VI
- IV e VI

○ **13. (ENEM)** Decisão de asfaltamento da rodovia MG-010, acompanhada da introdução de espécies exóticas, e a prática de incêndios criminosos, ameaçam o sofisticado ecossistema do campo rupestre da reserva da Serra do Espinhaço. As plantas nativas desta região, altamente adaptadas a uma alta concentração de alumínio, que inibe o crescimento das raízes e dificulta a absorção de nutrientes e água, estão sendo substituídas por espécies invasoras que não teriam naturalmente adaptação para este ambiente, no entanto elas estão dominando as margens da rodovia, equivocadamente chamada de “estrada ecológica”. Possivelmente a entrada de espécies de plantas exóticas neste ambiente foi provocada pelo uso, neste empreendimento, de um tipo de asfalto (cimento-solo), que possui uma mistura rica em cálcio, que causou modificações químicas aos solos adjacentes à rodovia MG-010.

Scientific American. Brasil. Ano 7, nº 79. 2008 (adaptado).

Essa afirmação baseia-se no uso de cimento-solo, mistura rica em cálcio que:

- inibe a toxicidade do alumínio, elevando o pH dessas áreas.
- inibe a toxicidade do alumínio, reduzindo o pH dessas áreas.
- aumenta a toxicidade do alumínio, elevando o pH dessas áreas.
- aumenta a toxicidade do alumínio, reduzindo o pH dessas áreas.
- neutraliza a toxicidade do alumínio, reduzindo o pH dessas áreas.

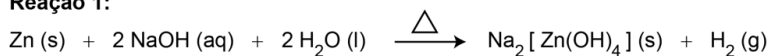
Tipos de resíduos
I. Solução de H_2CrO_4 0,1 mol/L
II. Solução de NaOH 0,2 mol/L
III. Solução de HCl 0,1 mol/L
IV. Solução de H_2SO_4 0,1 mol/L
V. Solução de CH_3COOH 0,2 mol/L
VI. Solução de NaHCO_3 0,1 mol/L

Anotações:

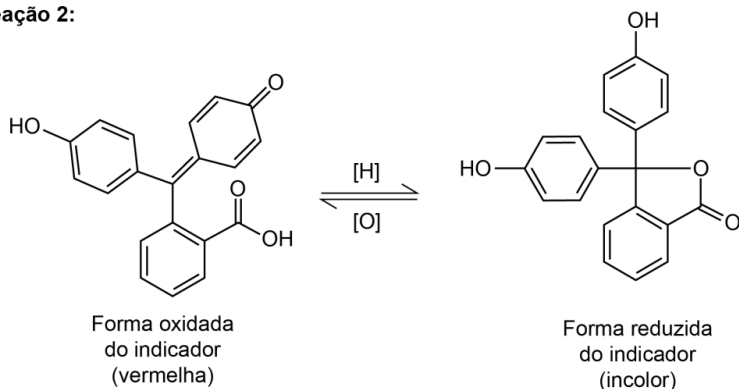


○ 15. (ENEM 2020) O reagente conhecido como Kastle-Meyer é muito utilizado por investigadores criminais para detectar a presença de sangue. Trata-se de uma solução aquosa incolor, preparada com zinco metálico, hidróxido de sódio (Reação 1) e indicador (Reação 2). Essa solução, quando em contato com a hemoglobina contida no sangue e na presença de água oxigenada (Reação 3), passa de incolor para vermelha, indicando a presença de sangue no local, conforme as reações descritas.

Reação 1:



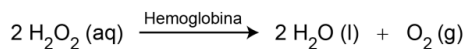
Reação 2:



A mudança de coloração que indica a presença de sangue ocorre por causa da reação do indicador com o(a):

- sal de $\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]$ na presença de hemoglobina.
- água produzida pela decomposição da água oxigenada.
- hemoglobina presente na reação com a água oxigenada.
- gás oxigênio produzido pela decomposição da água oxigenada.
- gás hidrogênio produzido na reação do zinco com hidróxido de sódio.

Reação 3:



DIAS FILHO, C. R.; ANTEDOMENICO, E. A perícia criminal e a interdisciplinaridade no ensino de ciências naturais. Química Nova na Escola, n. 2, maio 2010 (adaptado).

○ 16. (ENEM) O processo de calagem consiste na diminuição da acidez do solo usando compostos inorgânicos, sendo o mais usado o calcário dolomítico, que é constituído de carbonato de cálcio (CaCO_3) e carbonato de magnésio (MgCO_3). Além de aumentarem o pH do solo, esses compostos são fontes de cálcio e magnésio, nutrientes importantes para os vegetais.

Os compostos contidos no calcário dolomítico elevam o pH do solo, pois:

- são óxidos inorgânicos.
- são fontes de oxigênio.
- o ânion reage com a água.
- são substâncias anfóteras.
- os cátions reagem com a água.

○ 17. (ENEM 2021) Uma transformação química que acontece durante o cozimento de verduras e vegetais, quando o meio está ácido, é conhecida como feofitinação, na qual a molécula de clorofila (cor verde) se transforma em feofitina (cor amarela). Foi realizado um experimento para demonstrar essa reação e a consequente mudança de cor, no qual os reagentes indicados no quadro foram aquecidos por 20 minutos.

Béquer	Reagentes utilizados
1	Uma folha de couve picada e 150 mL de água.
2	Uma folha de couve picada, 150 mL de água e suco de um limão.
3	Uma folha de couve picada, 150 mL de água e 1 g de bicarbonato de sódio.

OLIVEIRA, M. F.; PEREIRA-MAIA, E. C. Alterações de cor dos vegetais por cozimento: experimento de química inorgânica biológica. Química Nova na Escola, n. 25, maio, 2007 (adaptado).

Finalizado o experimento, a cor da couve, nos béqueres 1, 2 e 3, respectivamente, será

- verde, amarela e amarela
- amarela, amarela e verde
- verde, amarela e verde
- amarela, verde e verde
- verde, verde e verde



○ 18. (UFSM) O pH de uma amostra de solo é 5,0. Sabe-se que se trata de um pH muito ácido para o plantio. Portanto, é necessária sua neutralização.

O pH 5,0 refere-se a $[H^+] = \underline{\hspace{2cm}}$ e deve ser neutralizado com um produto alcalino que tenha $[OH^-] = \underline{\hspace{2cm}}$, $pOH = \underline{\hspace{2cm}}$ e pH correspondente = $\underline{\hspace{2cm}}$.

Indique o item que preenche as lacunas na sequência correta.

- a) 1×10^5 ; 1×10^9 ; 9,0; 5,0
- b) 5×10^{-1} ; 1×10^{-7} ; 7,0; 7,0
- c) 5×10^{-5} ; 1×10^{-9} ; 9,0; 5,0
- d) 1×10^{-5} ; 1×10^{-7} ; 9,0; 7,0
- e) 1×10^{-5} ; 1×10^{-5} ; 5,0; 9,0



GABARITO

• Habilidades à prova

Unidade 1

1. B	10. C	19. E
2. B	11. D	20. D
3. B	12. C	21. B
4. D	13. D	22. A
5. B	14. D	23. A
6. D	15. C	24. E
7. D	16. C	
8. A	17. C	
9. D	18. A	

Unidade 2

1. C	9. E	17. E
2. B	10. C	18. A
3. B	11. D	19. B
4. E	12. B	
5. C	13. B	
6. C	14. B	
7. D	15. B	
8. D	16. C	

Unidade 3

1. E	6. D
2. D	
3. E	
4. E	
5. E	

Unidade 4

1. D	9. B	17. D
2. D	10. A	18. D
3. A	11. B	19. E
4. C	12. C	20. C
5. E	13. B	21. B
6. B	14. B	
7. D	15. A	
8. D	16. A	

Unidade 5

1. D	5. C	9. D	13. D	17. E
2. D	6. A	10. B	14. A	18. C
3. D	7. C	11. C	15. E	19. E
4. E	8. C	12. A	16. A	

Unidade 6

1. E	11. D	21. D	31. B
2. A	12. B	22. C	32. C
3. D	13. D	23. A	33. D
4. C	14. A	24. D	34. C
5. E	15. C	25. D	
6. C	16. E	26. D	
7. A	17. B	27. C	
8. A	18. D	28. C	
9. D	19. B	29. C	
10. E	20. A	30. B	

Unidade 7

1. A	7. E	13. A
2. E	8. B	14. B
3. C	9. A	15. A
4. B	10. C	
5. C	11. B	
6. A	12. B	

Unidade 8

1. D	8. D
2. A	9. B
3. B	10. C
4. A	11. E
5. D	12. D
6. D	13. D
7. B	

Unidade 9

1. D	8. C	15. D
2. C	9. B	16. C
3. A	10. D	17. C
4. E	11. C	18. E
5. D	12. D	
6. B	13. A	
7. C	14. C	

Anotações: