

QUÍMICA

FÍSICO-QUÍMICA

Editora: Valley Editora Ltda.
Direção: João Vicente Strapasson Silveira Netto
Gestão: Vinícius Azambuja de Almeida
Coordenação Editorial: Camila Nunes da Rosa
Coordenação Pedagógica: Vanessa Bianchi Gatto
Autoria: Leandro da Silva Friedrich
Francisco Cunha da Rosa
Leonardo Rubin Belles
Revisão técnica e organização: Vinícius Benedetti
Revisão Editorial: Alana Hoffmann
Caroline Guerra
Pesquisa Iconográfica*: Camila Nunes da Rosa

*As imagens identificadas com a sigla BID pertencem ao Banco de Imagem e Documentação da Valley Editora.

Programação Visual: Camile Weber
Sibele Righi Scaramussa
Capa: Camile Weber
Editoração Eletrônica: Camila Nunes da Rosa
Camile Webber
Juliana Facco Segalla
Sibele Righi Scaramussa
Ilustrações: Fabiano da Costa Alvares
Gabriel La Rocca Coser
Sibele Righi Scaramussa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

T717

Química: Físico-Química / Leandro da Silva Friedrich... [et. al.]. Santa Maria: Valley Editora, 2024.

v. 2
204 p.

ISBN 978-65-89574-22-4

1. Química 2. Eletroquímica 3. Soluções 4. Termoquímica I. Título

CDU 373.5

Bibliotecária responsável Trilce Morales – CRB 10/2209

Coleção 2024

Sistema de Ensino



Comercialização e distribuição: NTRV Distribuidora

SUMÁRIO

Unidade 1

5 Cálculos Estequiométricos

Unidade 2

22 Soluções

Unidade 3

31 Propriedades Coligativas

Unidade 4

35 Termoquímica

Unidade 5

40 Radioatividade

Unidade 6

46 Eletroquímica

Unidade 7

55 Cinética Química

Unidade 8

63 Equilíbrio Químico

Unidade 9

67 Equilíbrio Iônico

» Olá, aluno. Conheça seu livro!

Ao longo deste livro, você encontrará **QR Codes** que levarão a **conteúdos extras para complementar seu estudo**. Entre eles, temos **aulas-pílula** em cada início de unidade, **vídeos diversos e resoluções de questões mais complexas**.

Para acessar esses conteúdos, você deverá fazer o *download* do **App Totem** na Play Store (em aparelhos Android) ou na Apple Store (em aparelhos Apple). Os **codes** não são acessíveis por outros leitores de **QR Code**. Em caso de dificuldades com o app, procure a secretaria do Curso.



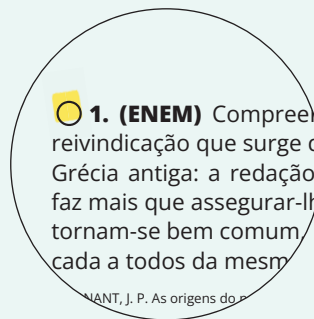
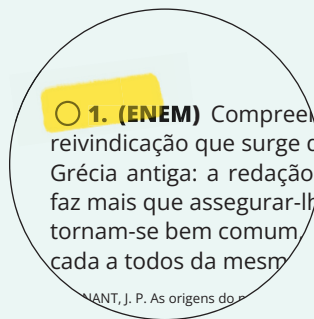
Qual é a temperatura nesse termômetro?

- a) 5°C
- b) 7°C
- c) 13°C
- d) 15°C
- e) 19°C



Nas seções de testes, utilize os **marcadores** que acompanham a numeração da questão (○) para **assinalar testes** mais importantes, que precisam ser revisados ou para tirar dúvidas. **Você pode criar sua própria legenda** atribuindo cores para cada destaque.

Sugestões:



Exemplos de legendas:



Questão fácil / Acertei / Não preciso revisar



Questão importante / Revisar / Acertei, mas tive dificuldades



Achei difícil / Errei, preciso refazer na próxima revisão / Levar para tirar dúvidas



» Cálculos Estequiométricos

• Grandezas químicas

No início desta unidade, serão abordados os conceitos de massa atômica, massa molecular, número de Avogadro, mol, volume e princípio de Avogadro. Esses conceitos permitirão a subsequente abordagem quantitativa das transformações químicas.

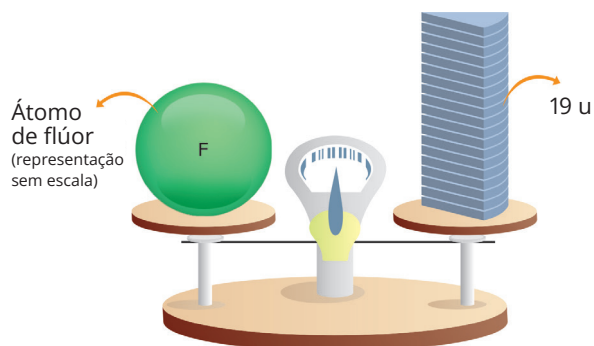
Massa atômica

A massa atômica retrata a média ponderada das massas nominais (números de massa) dos isótopos de um mesmo elemento químico. Essas massas tomam por base um padrão de massas denominado unidade de massa atômica (**u.m.a** ou **u**), que se trata de 1/12 de um átomo de ^{12}C (isótopo mais abundante do carbono).



Representação da criação do padrão de unidade de massa atômica.

Sendo assim, com esse padrão, é possível pensarmos em uma balança imaginária, por meio da qual poderíamos estimar a massa dos demais átomos na tabela periódica, como na figura ao lado.



Representação da estimativa de massa de um átomo de flúor a partir da unidade de massa atômica.

A seguir, mais alguns exemplos de massas atômicas estimadas para átomos que são encontradas na tabela periódica:

Átomo	Massa atômica (u)*
Ca	40,08
Ti	47,87
Pb	207,21
C	12,01
I	126,90

*Para arredondamento, foram consideradas apenas duas casas decimais.

Anotações:



Saiba mais

É possível observar que as massas atômicas dificilmente apresentarão valores inteiros sem que se faça o arredondamento. Os valores que aparecem nas casas decimais decorrem justamente do fato de essas massas serem o resultado de uma média das variedades isotópicas naturais dos elementos. Para que se entenda melhor essa informação, vejamos o exemplo seguinte.

▶ Para obtermos a massa de 35,460 u para o átomo de cloro, é feita a média ponderada entre os isótopos ^{35}Cl (34,969 u) com 75,4% de abundância e ^{37}Cl (36,966 u) com 24,6% de abundância. Essa média obedece à seguinte fórmula:

$$\text{Massa atômica} = \frac{\text{Massa atômica}_{\text{isótopo 1}} \cdot \text{Abundância}_{\text{isótopo 1}} + \text{Massa atômica}_{\text{isótopo 2}} \cdot \text{Abundância}_{\text{isótopo 2}}}{100\%}$$

Desse modo, nesse cálculo teremos:

$$\text{Massa atômica} = \frac{34,969 \text{ u} \cdot 75,4\% + 36,966 \text{ u} \cdot 24,6\%}{100\%}$$

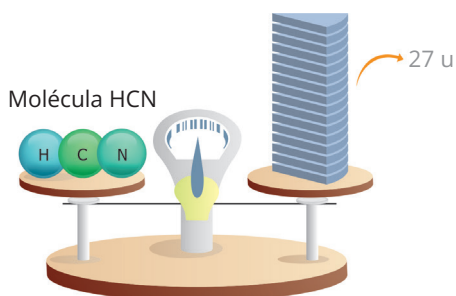
$$\text{Massa atômica} = 35,460 \text{ u}$$

Massa molecular

A partir da obtenção das massas atômicas, é possível calcular as massas das moléculas em u. Para tanto, basta que se faça a soma das massas de todos os átomos presentes nas moléculas.

Massa molecular = Somatório das massas atômicas

- Exemplo:



	Massa atômica		Nº de átomos	
H₂O	H = 1 u	·	2 = 2	
	O = 16 u	·	1 = 16	
	Massa molecular		= 18 u	

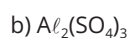
Significado: Uma molécula de água pesa 18 vezes mais que 1 u.

	Massa atômica		Nº de átomos	
H₂SO₄	H = 1 u	·	2 = 2	
	S = 32 u	·	1 = 32	
	O = 16 u	·	4 = 64	
	Massa molecular		= 98 u	

Significado: Uma molécula de ácido sulfúrico pesa 98 vezes mais que 1 u.

////////// APOIO AO TEXTO //////////

1. Calcule a massa molecular das respectivas espécies:



Mol

Como já estudado, um átomo ou uma molécula ou um íon são espécies muito pequenas, assim como suas massas correspondentes. Dessa forma, com o interesse de poder mensurá-los mais facilmente com o uso de balanças comuns (em gramas), os químicos buscaram desenvolver uma **quantidade padrão** dessas espécies que permitisse obter em gramas o mesmo valor numérico estimado em unidades de massa atômica.

Para essa quantidade padrão, deu-se o nome de **mol** e, a partir de métodos instrumentais de medida, descobriu-se que esse mol equivale à reunião de aproximadamente **$6,02 \cdot 10^{23}$ átomos, moléculas ou íons**.

Como o primeiro cientista a intuir a existência dessa constante foi Amedeu Avogadro, essa quantidade constante de matéria (**$6,02 \cdot 10^{23}$**) foi denominada **constante de Avogadro**.

Sendo assim:

$$1 \text{ mol de espécies} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ espécies} = \text{Massa da espécie em "g"}$$

Proveniente da
tabela periódica

- ▶ 1 mol de átomos – $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos – massa do átomo em "g";
- ▶ 1 mol de moléculas – $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas – massa da molécula em "g";
- ▶ 1 mol de íons – $6,02 \cdot 10^{23}$ íons – massa do íon em "g".

Massas molares

PARA ÁTOMOS

$$1 \text{ mol de átomos} - 6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos} - \text{Massa do átomo em "g"}$$

Na tabela
periódica

- ▶ 1 mol de átomos de Ca – $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos de Ca – 40,08 g de Ca;
- ▶ 1 mol de átomos de Pb – $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos de Pb – 207,21 g de Pb;
- ▶ 1 mol de átomos de C – $6,02 \cdot 10^{23}$ átomos de C – 12,01 g de C.

PARA MOLÉCULAS

$$1 \text{ mol de moléculas} - 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas} - \text{Massa da molécula em "g"}$$

Soma das massas
dos átomos

- ▶ 1 mol de moléculas de CO_2 – $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas de CO_2 – 44 g de CO_2 .

Vejamos como calcular a massa molar do CO_2 :

$$\text{Massa do } \text{CO}_2 = (1 \times \text{massa do C}) + (2 \times \text{massa do O})$$

Então:

$$\begin{array}{r} 1 \times \text{massa do C} = 1 \times 12 \text{ g} = 12 \text{ g} \\ 2 \times \text{massa do O} = 2 \times 16 \text{ g} = 32 \text{ g} \\ \hline 44 \text{ g (massa de 1 mol de } \text{CO}_2) \end{array}$$

- ▶ 1 mol de moléculas de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – 342 g de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Vejamos como calcular a massa molar do $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:

$$\text{Massa do } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = (2 \times \text{massa do Al}) + (3 \times \text{massa do S}) + (12 \times \text{massa do O})$$

Então:

$$\begin{array}{r} 2 \times \text{massa do Al} = 2 \times 27 \text{ g} = 54 \text{ g} \\ 3 \times \text{massa do S} = 3 \times 32 \text{ g} = 96 \text{ g} \\ 12 \times \text{massa do O} = 12 \times 16 \text{ g} = 192 \text{ g} \\ \hline 342 \text{ g (massa de 1 mol de } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) \end{array}$$



PARA ÍONS

Soma das massas dos átomos

1 mol de íons – $6,02 \cdot 10^{23}$ íons – Massa do íon em “g”

- ▶ 1 mol de íons de NH_4^+ – $6,02 \cdot 10^{23}$ íons de NH_4^+ – 18 g de NH_4^+ .

Vejamos como calcular a massa molar do NH_4^+ :

$$\text{Massa do } \text{NH}_4^+ = (1 \times \text{massa do N}) + (4 \times \text{massa do H})$$

Então:

$$\begin{array}{r} 1 \times \text{massa do N} = 1 \times 14 \text{ g} = 14 \text{ g} \\ 4 \times \text{massa do H} = 4 \times 1 \text{ g} = \underline{4 \text{ g}} \quad + \\ \hline 18 \text{ g (massa de 1 mol de } \text{NH}_4^+) \end{array}$$

APOIO AO TEXTO

2. Nos lixões, a decomposição anaeróbica da matéria orgânica é comum e gera, entre outras coisas, o biogás, constituído principalmente por metano. Esse gás, acumulado sob o lixo, é excelente combustível. Em condições ideais e nas CNTP, pode-se dizer que 1 kg de gás metano – CH_4 – ocuparia um volume aproximado de

- a) 22,7 L
- b) 62,5 L
- c) 160 L
- d) 1120 L
- e) 1400 L

3. Qual o número de átomos existentes em 3,4 g de amônia, $\text{NH}_3(\text{g})$?

- a) $4,8 \cdot 10^{23}$
- b) $4,8 \cdot 10^{22}$
- c) $6,0 \cdot 10^{23}$
- d) $1,2 \cdot 10^{23}$
- e) $16 \cdot 10^{23}$

4. $1,8 \times 10^{23}$ moléculas de uma substância A tem massa igual a 18,0 g. A massa molar de A, em g/mol, vale aproximadamente:

- a) 18,0
- b) 60,0
- c) 75,0
- d) 90,0
- e) 120

5. A tabela abaixo apresenta a massa molar, em g/mol, de algumas substâncias:

Substância	Molécula	Massa molar
Ouro	Au	197
Ozônio	O_3	48
Ácido Clorídrico	HCl	36,5
Acetileno	C_2H_2	26
Água	H_2O	18

Comparando massas iguais dessas substâncias, a que apresenta maior número de espécies é:

- a) ouro.
- b) ozônio.
- c) ácido clorídrico.
- d) acetileno.
- e) água.



• Volume molar dos gases

Corresponde ao volume ocupado por 1 mol de qualquer gás em determinadas condições de temperatura e pressão. As condições de temperatura de 0°C (273,15 K) e pressão de 1 atm (aproximadamente 1 bar) são denominadas condições normais de temperatura e pressão (CNTP) e servem para a padronização do volume molar dos gases. Sendo assim, o volume de 1 mol de qualquer gás nas CNTP, ou simplesmente volume molar dos gases, pode ser calculado a partir da **equação de Clapeyron** abaixo:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Em que:

P: pressão;

V: volume;

n: número de mols;

R: constante real dos gases (0,082 atm L mol⁻¹ K⁻¹);

T: temperatura absoluta (K = °C + 273).

Nas CNTP, sendo P = 1 atm, T = 273,15 K, n = 1 mol e constante R = 0,082 atm L mol⁻¹ K⁻¹, calcula-se:

$$1 \cdot V_{\text{gás}} = 1 \cdot 0,082 \cdot 273,15 \\ V_{\text{gás}} = 22,40 \text{ L}$$

Desse modo:

1 mol de **qualquer gás** – 22,4 L (nas CNTP)

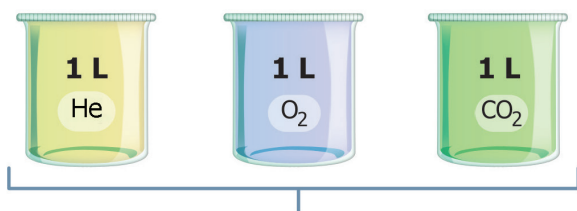
– Exemplos:

1 mol de O_{2(g)}
1 mol de NO_{2(g)}
1 mol de N_{2(g)}
1 mol de C₂H_{6(g)}

ocupam 22,4 L nas CNTP

• Princípio de Avogadro

“Volumes iguais de gases diferentes contêm, na mesma temperatura e pressão, o mesmo número de moléculas”.



Contêm o mesmo número de moléculas.

////// APOIO AO TEXTO ////

6. Para queimar totalmente um pedaço de papel até gás carbônico e água, gastaram-se 33,60 litros de oxigênio, nas condições normais de temperatura e pressão. Portanto, a quantidade de oxigênio, em gramas, que foi consumida nessa combustão é:

- a) 48 gramas.
- b) 32 gramas.
- c) 16 gramas.
- d) 12 gramas.
- e) 10 gramas.

7. (ENEM 2023) De acordo com a Constituição Federal, é competência dos municípios o gerenciamento dos serviços de limpeza e coleta dos resíduos urbanos (lixo). No entanto, há relatos de que parte desse lixo acaba sendo incinerado, liberando substâncias tóxicas para o ambiente e causando acidentes por explosões, principalmente quando ocorre a incineração de frascos de aerossóis (por exemplo: desodorantes, inseticidas e repelentes). A temperatura elevada provoca a vaporização de todo o conteúdo dentro desse tipo de frasco, aumentando a pressão em seu interior até culminar na explosão da embalagem.

ZVEIBIL, V. Z. et al. **Cartilha de limpeza urbana**. Disponível em: www.ibam.org.br. Acesso em: 6 jul. 2015 (adaptado).

Suponha um frasco metálico de um aerossol de capacidade igual a 100 mL, contendo 0,1 mol de produtos gasosos à temperatura de 650 °C, no momento da explosão.

Considere: $R = 0,082 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

A pressão, em atm, dentro do frasco, no momento da explosão, é mais próxima de

- a) 756.
- b) 533.
- c) 76.
- d) 53.
- e) 13.

8. 16 g de um gás ocupam um volume de 5,6 L nas CNTP. Qual a massa de um mol deste gás?

- a) 16 g
- b) 48 g
- c) 128 g
- d) 32 g
- e) 64 g



Importante

Relações entre as grandezas trabalhadas até aqui:

$$1 \text{ mol} \text{ — } m \text{ (g)} \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ espécies} \text{ — } 22,4 \text{ L}$$

• Determinação de fórmulas químicas

Neste tópico, estudaremos três tipos de fórmulas:

▶ **Fórmula molecular:** indica a proporção real em números de átomos de uma substância.

– Exemplo: glicose – $C_6H_{12}O_6$.

▶ **Fórmula mínima ou empírica:** indica a proporção mínima de números inteiros dos átomos presentes na molécula.

– Exemplo: glicose – CH_2O .

▶ **Fórmula centesimal ou percentual:** indica a proporção em % de massa dos átomos na molécula.

– Exemplo: glicose – 40% C; 6,67% H; 53,33% O.

A partir disso, será necessário determinarmos uma fórmula a partir de outra, como segue abaixo.

FÓRMULA CENTESIMAL

Dado: fórmula mínima ou molecular

▶ Passos

1°. Calcule a **massa total** da fórmula (mínima ou molecular) dada;

2°. Determine a **massa de cada elemento** na fórmula (mínima ou molecular) dada;

3°. Estabeleça a seguinte regra de três para cada elemento presente na fórmula:

$$\begin{array}{l} \text{Massa total} \text{ — } 100\% \\ \text{Massa de cada elemento} \text{ — } x\% \end{array}$$

////////// APOIO AO TEXTO //////////

9. Qual a composição centesimal do composto inorgânico água, de fórmula H_2O ?

10. O ácido nítrico (HNO_3) é corrosivo, usado na fabricação de fertilizantes e de explosivos nitrogenados. Numa experiência de desenvolvimento de novo fertilizante, recolheu-se, num bquer, amostra de 31,5 g de ácido nítrico. A porcentagem de nitrogênio na amostra do ácido é de:

- a) 8,82%
- b) 22,2%
- c) 44,4%
- d) 33,4%
- e) 11,3%

Devemos ficar atentos quando for pedido o teor de um determinado elemento dentro de uma fórmula dada. Para isso, adotam-se os mesmos passos mencionados anteriormente, com a diferença de que só precisaremos fazer a regra de três para o elemento em questão.

– Exemplo resolvido:

Qual o teor de enxofre no ácido sulfúrico (H_2SO_4)?

1°. A massa total do $H_2SO_4 = 98 \text{ g/mol}$

2°. A massa de S = 32 g/mol

3°. 98 g/mol — 100%

32 g/mol — x%

$$x = 32,65\% \text{ (teor de enxofre na fórmula)}$$



Fórmula mínima

DADO: FÓRMULA CENTESIMAL

Passos

1°. Substitua os valores em % por valores em gramas, denominando-os **massa dada**;

2°. Determine um número de mols para cada elemento (n_{elemento}), utilizando a fórmula a seguir:

$$n_{\text{elemento}} = \frac{\text{Massa dada}}{\text{Massa na tabela}}$$

3°. Divida todos os valores de n_{elemento} pelo menor entre eles;

4°. Se for necessário, multiplique os valores encontrados por 2 ou 3 para que fiquem todos inteiros.

APÓIO AO TEXTO

11. Indique a fórmula mínima de um composto formado por 78,8% de estanho e 21,2% de oxigênio.

- a) SnO_2
- b) Sn_2O_3
- c) SnO_4
- d) SnO_3
- e) Sn_4O_5

12. Magnetita, um óxido de ferro, é utilizada para “extração” do metal (Fe). Sabendo que 23,2 g de uma amostra de magnetita pura contém 16,8 g de ferro, a fórmula mínima desse óxido de ferro é?

- a) Fe_4O_3
- b) Fe_3O_4
- c) Fe_2O_3
- d) Fe_2O
- e) FeO

Fórmula molecular

DADO: FÓRMULA CENTESIMAL E MASSA MOLECULAR

Passos

1°. Estabeleça a seguinte regra de três para cada elemento presente na fórmula:

$$\begin{array}{r} \text{Massa total dada} - 100\% \\ \text{x g} - \% \text{ dada do elemento} \end{array}$$

2°. Determine um número de mols para cada elemento (n_{elemento}), utilizando a seguinte fórmula:

$$n_{\text{elemento}} = \frac{\text{Massa encontrada}}{\text{Massa na tabela}}$$

APÓIO AO TEXTO

13. Determine a fórmula molecular de um óxido que apresenta 43,6% de fósforo, 56,4% de oxigênio (% em massa) e massa molar $284 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- a) P_2O_5
- b) P_3O_6
- c) PO_2
- d) P_4O_{10}
- e) P_2O_7



Relação

$$F \text{ mínima} \leftrightarrow F \text{ molecular}$$

Para isso, vamos considerar duas situações:

a) PEDIDO: FÓRMULA MOLECULAR

Dado: fórmula mínima e massa molecular

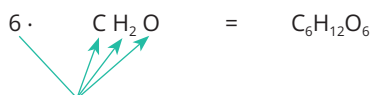
▶ Passos

- 1º. Calcule a massa da fórmula mínima;
- 2º. Divida a massa molecular dada pela massa da fórmula mínima calculada, encontrando um fator "X";
- 3º. Multiplique os índices da fórmula mínima pelo fator "X".

– Exemplo resolvido:

Qual a fórmula molecular do composto cuja fórmula mínima é CH_2O e a massa molecular é 180 g/mol?

- 1º. Massa da fórmula mínima = 30 g/mol
- 2º. $X = 180$ (massa molec.)/30 (massa f. mín.) = 6
- 3º. $X \cdot \text{Fórmula mínima} = \text{Fórmula molecular}$



b) PEDIDO: FÓRMULA MÍNIMA

Dado: fórmula molecular

- ▶ Divida todos os índices da fórmula molecular pelo máximo divisor comum entre eles.

– Exemplo resolvido:

F. molecular	÷ →	F. mínima
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	÷ 6 →	CH_2O
H_2O	÷ 1 →	H_2O

Observação: Como podemos perceber no segundo exemplo acima, há casos, como o da água, em que a fórmula molecular será idêntica à fórmula mínima.

Anotações:

////////// APOIO AO TEXTO //////////

14. (UFRGS) A porcentagem ponderal de enxofre existente no SO_2 é igual a:

- a) 2,0
- b) 16,0
- c) 32,0
- d) 33,3
- e) 50,0

15. (UFRGS) A análise elementar de um hidrocarboneto mostrou que ele é composto por 20% de hidrogênio e 80% de carbono.

O composto abaixo que apresenta essa composição é o:

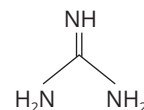
- a) eteno.
- b) benzeno.
- c) etino.
- d) etano.
- e) metanol.

16. (UFRGS) O ácido cítrico, presente em quase todos os seres vivos, é um ácido fraco, encontrado em grande quantidade nas chamadas frutas cítricas.

Sabe-se que sua massa molar é $192 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ e que sua composição percentual em massa é de 37,5% de carbono, 58,3% de oxigênio e o restante de hidrogênio. Sua fórmula molecular é, portanto:

- a) $\text{C}_5\text{H}_5\text{O}_7$.
- b) $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_7$.
- c) $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$.
- d) $\text{C}_6\text{H}_9\text{O}_8$.
- e) $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_6$.

17. (ULBRA-CANOAS) Um medicamento usado no tratamento da miastenia grave (doença crônica caracterizada por fraqueza muscular e fadiga rápida quando o músculo é exigido) apresenta guanidina. Qual a porcentagem, aproximada, em massa de nitrogênio na guanidina, representada abaixo?



- a) 71,2%
- b) 89,4%
- c) 42,1%
- d) 29,8%
- e) 94,9%



• Leis Ponderais

As Leis Ponderais têm essa denominação em função de tratarem das massas das substâncias envolvidas nas reações químicas. Sua importância é, sobretudo, situada no fato de marcarem o nascimento da Química como ciência. Essas observações, que se tornaram leis, permitiram explicar, por exemplo, como um prego, ao se enferrujar, “ganha” massa. A partir dessas observações, surgiu a hipótese de Dalton sobre a existência dos átomos.

Lei de Lavoisier (Lei de conservação da massa ou Lei de conservação da matéria)

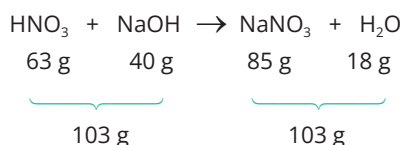
Com base em uma série de experiências com reações em recipientes fechados, no final do século XVIII, Antoine Lavoisier utilizou balanças mais precisas que pesquisadores anteriores e concluiu que, no interior de um recipiente fechado, a massa total das substâncias não varia independentemente das transformações que possam ocorrer. Isso deu origem à famosa lei:

“Na natureza, nada se perde, nada se cria, a matéria apenas se transforma.”

Ou seja:

Soma das massas dos reagentes = Soma das massas dos produtos

– Exemplo:



Lei de Proust (Lei das proporções constantes ou fixas ou definidas)

Contemporâneo de Lavoisier, Joseph Louis Proust também efetuou uma série de experiências com pesagens e concluiu que determinada substância composta é originada por substâncias mais simples que se unem sempre na mesma proporção em massa.

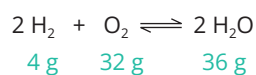
Isso pode ser observado a partir da ideia de que, para a formação do gás carbônico, são sempre necessárias quantidades fixas de carbono e oxigênio, como no exemplo seguinte:

▶ **Experiência 1:** Para formar 22 g de CO_2 , são necessários 6 g de C e 16 g de O_2 .

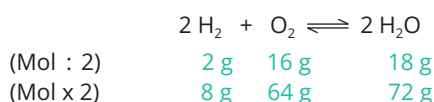
▶ **Experiência 2:** Para formar 44 g de CO_2 , são necessários 12 g de C e 32 g de O_2 .

Desse modo, podemos notar que, ao dobrarmos a quantidade de CO_2 a ser formada, dobram-se também as quantidades de C e O_2 necessárias para tal. **Isso mantém a proporção entre as massas sempre constante.**

– Exemplo:



Essa proporção será mantida quando formos preparar quantidades maiores ou menores.



Anotações:



APOIO AO TEXTO

18. (UFN) Considere uma reação hipotética que ocorre em fase líquida e que envolve os reagentes R1, R2 e o produto majoritário P. Num experimento, foram misturados, em um balão reacional, 10 mols de R1 com 10 mols de R2. Após 10 minutos, nesse mesmo balão, havia 8 mols de R1, 6 mols de R2 e 1 mol de P (vide tabela).

Tempo	R1	R2	P
inicial	10 mols	10 mols	-
10 minutos	8 mols	6 mols	1 mol

Imagine que a reação siga até o consumo total do reagente limitante, a alternativa que corresponde corretamente à quantidade (mol) de P formado (desprezados eventuais produtos secundários) é:

- a) 2 mols.
- b) 2,5 mols.
- c) 5 mols.
- d) 7,5 mols.
- e) 10 mols.

19. Se 1 g de hidrogênio combina-se com 8 g de oxigênio para formar água, 5 g de hidrogênio combinar-se-ão com 40 g de oxigênio para formar esse mesmo composto. Essa afirmativa está baseada na Lei de:

- a) Proust.
- b) Lavoisier.
- c) Richter.
- d) Gay-Lussac.
- e) Dalton.

• Aspectos quantitativos da matéria

Com as Leis Ponderais, a Química consolida seu viés **quantitativo**, pois, por meio do conhecimento de que as massas conservam-se em uma transformação e de que as proporções entre essas massas permanecem constantes, tem-se embasamento suficiente para estimarmos quanto de produtos será obtido a partir de certa quantidade de mistura reacional ou quanto dos reagentes será necessário para a obtenção de certa quantidade de produto. Sendo assim, observemos o exemplo a seguir:

	$N_{2(g)}$	+	$3 H_{2(g)}$	→	$2 NH_{3(g)}$
Número de mols	1 mol		3 mols		2 mols
Número de moléculas	$(1 \times 6,02 \cdot 10^{23})$ $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas		$(3 \times 6,02 \cdot 10^{23})$ $1,806 \cdot 10^{24}$ moléculas		$(2 \times 6,02 \cdot 10^{23})$ $1,204 \cdot 10^{24}$ moléculas
Massa	$(1 \times 28 \text{ g})$ 28 g		$(3 \times 2 \text{ g})$ 6 g		$(2 \times 17 \text{ g})$ 34 g
Volume (CNTP)	$(1 \times 22,4 \text{ L})$ 22,4 L		$(3 \times 22,4 \text{ L})$ 67,2 L		$(2 \times 22,4 \text{ L})$ 44,8 L

Notemos que, para uma mesma reação, além de a proporção de massas permanecer fixa, também serão fixas as proporções de número de mols, de volumes e de número de átomos, íons ou moléculas.



• Cálculos estequiométricos

Esse princípio quantitativo permite a avaliação das quantidades (massas, volumes, números de mols, moléculas, átomos ou íons) envolvidas nas transformações em situações ideais, nas quais se consideram todos os reagentes puros (100% de pureza) e que esses reagentes são completamente convertidos em produtos (100% de rendimento), e em situações reais, nas quais a pureza e/ou o rendimento não atingem 100%. O conteúdo da Química que avalia essas situações e estima as quantidades envolvidas nas transformações é denominado **cálculo estequiométrico** ou **estequiometria**.

Esse conteúdo possui uma dependência muito grande do balanceamento de equações e é crucial para os assuntos que serão abordados nas unidades seguintes, como soluções, termoquímica, cinética química, equilíbrio químico, eletroquímica etc.

Para um melhor entendimento, esse conteúdo será dividido em duas partes:

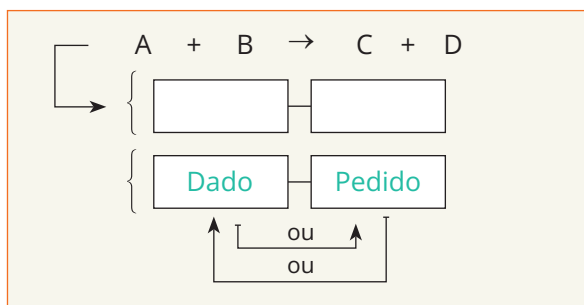
- ▶ cálculo comum;
- ▶ cálculo com peculiaridades.

Cálculo comum

Nesse tipo de cálculo, imaginamos uma situação idealizada, na qual não há impurezas ou excesso nos reagentes e o rendimento das reações é sempre o máximo, ou seja, os reagentes são completamente convertidos em produtos. Portanto, esse é o cálculo mais simples de ser executado.

Passos:

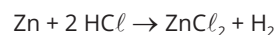
- 1º. Identifique a reação dada ou mencionada no enunciado da questão;
- 2º. Balanceie a reação, caso não esteja balanceada;
- 3º. Identifique, no enunciado, as quantidades dadas e pedidas;
- 4º. Estabeleça a regra de três como representado abaixo:



É importante destacar que a unidade que se usa no quadro de baixo deve ser a mesma utilizada no quadro de cima (massa em cima de massa, volume em cima de volume etc.).

EXERCÍCIO RESOLVIDO

1. Ao mergulharmos pastilhas de zinco em um frasco contendo ácido clorídrico, ocorre a seguinte reação:



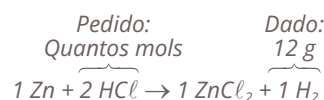
Com base nessa reação, quantos mols de ácido clorídrico são necessários para reagirem completamente com zinco visando à formação de 12 g de hidrogênio?

– Solução:

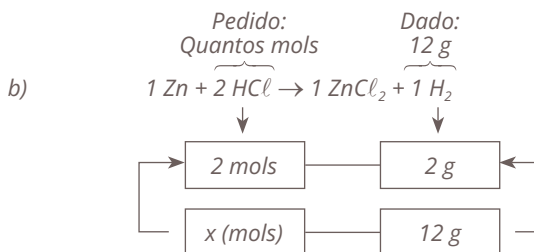
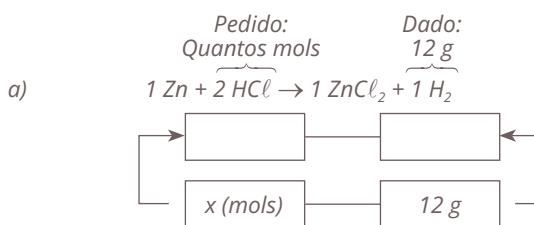
Identificação da reação e verificação do seu balanceamento (passos 1 e 2):



Identificação, no texto, do dado e do pedido (passo 3):



Estabelecimento da regra de três (passo 4):



c) Resolvendo a regra de três:

$$x \cdot 2 \text{ g} = 12 \text{ g} \cdot 2 \text{ mols}$$

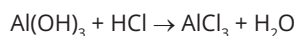
$$x = \frac{24}{2} \text{ mols}$$

$$x = 12 \text{ mols de HCl}$$

Anotações:

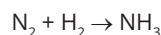


20. O Hidróxido de alumínio é um composto utilizado no tratamento para pacientes com hiperacidez gástrica. Ele neutraliza o excesso de ácido clorídrico no estômago, causador do sintoma conhecido como azia. Também pode ser usado para regular os níveis de fosfato em pacientes com insuficiência renal. Por meio da equação não balanceada a seguir, a quantidade de hidróxido de alumínio necessária, para a neutralização de 4 mols de HCl no estômago, é de



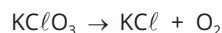
- a) 1,04 g.
- b) 2 g.
- c) 10,4 g.
- d) 20 g.
- e) 104 g.

21. A amônia, nas CNTP, é um gás incolor tóxico e corrosivo. Seu principal método de obtenção é por meio do sistema Haber-Bosch, no qual quantidades estequiométricas dos gases nitrogênio e hidrogênio reagem à alta temperatura e pressão. Assim, qual a quantidade de amônia (NH₃) produzida a partir de 50,0 gramas de nitrogênio na reação não balanceada abaixo?



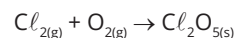
- a) 8,2 g
- b) 30,2 g
- c) 60,7 g
- d) 82,3 g
- e) 302,0 g

22. Uma forma de se obter o oxigênio (O₂), em laboratório, é por meio do aquecimento do clorato de potássio (KClO₃), de acordo com a equação não balanceada abaixo representada. Determine a massa aproximada, em gramas, obtida pela decomposição de 49 g de KClO₃ e, depois, assinale a alternativa correta.



- a) 245,2 g
- b) 24,5 g
- c) 96 g
- d) 9,6 g
- e) 19,1 g

23. Tendo por referência a reação química não balanceada



qual é o volume de oxigênio necessário para reagir com todo o cloro, considerando-se que se parte de 20 L de cloro gasoso medidos em condições ambientes de temperatura e pressão?

(Considere volume molar de 25 L mol⁻¹ nas CATP)

- a) 20 L.
- b) 25 L.
- c) 50 L.
- d) 75 L.
- e) 100 L.

• Cálculo com peculiaridades

Nesse tipo de cálculo, imaginamos situações reais, nas quais podem existir impurezas ou excesso nos reagentes e/ou o rendimento das reações não chegar a 100%, ou seja, os reagentes não são completamente convertidos em produtos. Para tanto, esses cálculos que consideram grau de pureza dos reagentes, excesso de reagentes e/ou rendimento da reação seguirão os mesmos passos do cálculo comum, com a diferença de que haverá mais dados quantitativos a serem considerados.

▶ Passos:

- 1º. Identifique a reação dada ou mencionada no enunciado da questão;
- 2º. Balanceie a reação, caso não esteja balanceada;
- 3º. Identifique, no enunciado, as quantidades dadas e pedidas;
- 4º. Estabeleça as regras de três conforme cada caso particular a seguir.

Grau de pureza dos reagentes

Nesse caso particular, é necessário entendermos que os reagentes geralmente apresentam impurezas em parte de sua massa. Essas impurezas não possuem a mesma composição química do reagente e, por esse motivo, não participam da reação, não devendo, portanto, ser consideradas no cálculo estequiométrico.

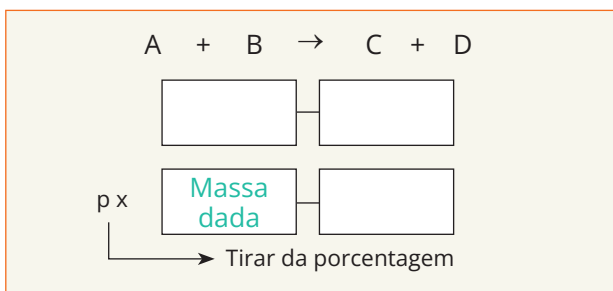
Como fazer?

- ▶ Se a questão fornecer o grau de pureza em %, basta retirar o valor da porcentagem (dividindo por 100) e colocá-lo no cálculo conforme o esquema a seguir.
- ▶ Se a questão informar o grau de impurezas em %, é necessário transformá-lo em pureza com o cálculo:

$$\text{Grau de pureza} = 100\% - \text{Grau de impurezas}\%$$



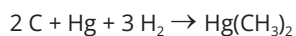
A partir disso, repita o procedimento anterior:



É importante destacar que a regra das unidades mantém-se, ou seja, a unidade usada no quadro de baixo deve ser a mesma utilizada no quadro de cima.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

2. Considerando a reação de síntese do dimetilmercúrio $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$ representada abaixo:



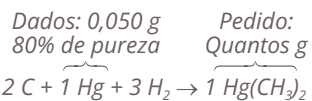
qual a quantidade em g de dimetilmercúrio produzida a partir de 0,050 g de mercúrio metálico com 80% de pureza?

- Solução:

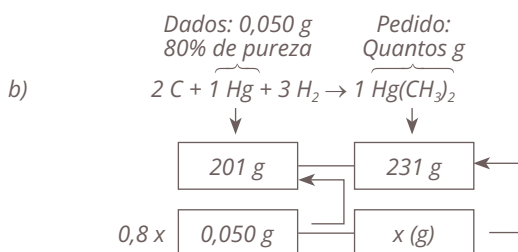
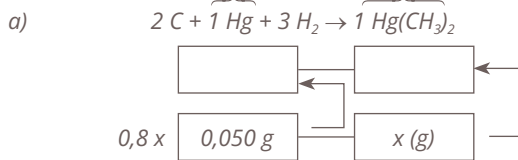
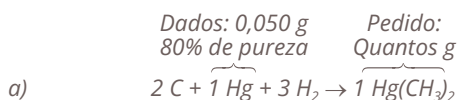
Após a identificação da reação e a verificação do seu balanceamento (passos 1 e 2):



Identificação, no texto, do dado e do pedido (passo 3):



Estabelecimento da regra de três (passo 4):



c) Resolvendo a regra de três:

$$0,80 \cdot 0,050 \text{ g} \cdot 231 \text{ g} = x \cdot 201 \text{ g}$$

$$x = \frac{9,24}{201} \text{ g}$$

$$x = 0,046 \text{ g de Hg}(\text{CH}_3)_2$$

APOIO AO TEXTO

24. Uma amostra de 200 g de CaCO_3 impuro, com 90% de pureza, reage com excesso de HCl, conforme a equação



A massa formada de CO_2 e de água, respectivamente, é igual a:

- a) 88 g e 36 g
- b) 88 g e 32,4 g
- c) 79,2 g e 32,4 g
- d) 88 g e 40 g
- e) 97,8 g e 40 g

25. A calcinação de 10,0 g de determinada amostra de carbonato de cálcio produz 5,0 g de óxido de cálcio. Calcule a porcentagem de pureza da amostra, a partir da reação abaixo:



- a) 89%.
- b) 99%.
- c) 80%.
- d) 90%.
- e) 95%.

Anotações:

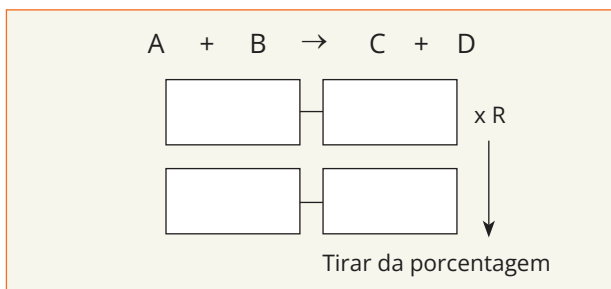


Rendimento da reação

Nesse outro caso particular, é necessário entendermos que as reações geralmente não progridem como desejado, principalmente em função de falta de energia suficiente para a reação, entre outros aspectos. Por esse motivo, a taxa de conversão dos reagentes em produtos pode não atingir 100%.

Como fazer?

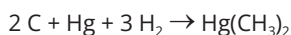
▶ Se a questão fornecer o rendimento em %, basta retirar o valor da porcentagem (dividindo por 100) e colocá-lo no cálculo conforme o esquema a seguir:



É importante destacar que a regra das unidades mantém-se, ou seja, a unidade usada no quadro de baixo deve ser a mesma utilizada no quadro de cima.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

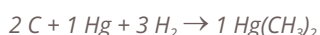
3. Considere a reação de síntese do dimetilmercúrio $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$ representada abaixo:



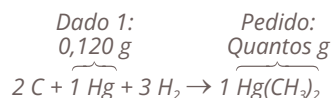
Em uma reação com 90% de rendimento, qual será a quantidade em g de dimetilmercúrio produzida a partir de 0,120 g de mercúrio metálico?

- Solução:

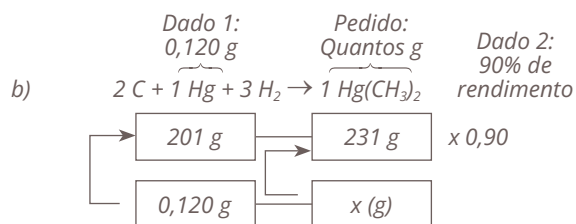
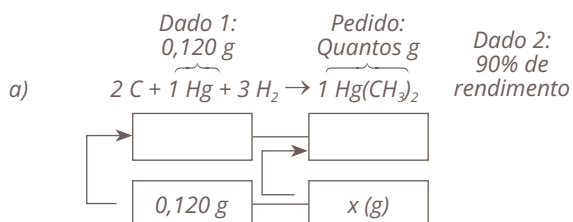
Após a identificação da reação e a verificação do seu balanceamento (passos 1 e 2):



Identificação, no texto, do dado e do pedido (passo 3):



Estabelecimento da regra de três (passo 4):



c) Resolvendo a regra de três:

$$\begin{aligned} 0,120 \text{ g} \cdot 231 \text{ g} \cdot 0,90 &= x \cdot 201 \text{ g} \\ x &= \frac{24,95}{201} \text{ g} \\ x &= 0,124 \text{ g de Hg}(\text{CH}_3)_2 \end{aligned}$$

APOIO AO TEXTO

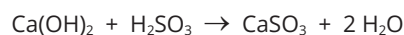
26. Na decomposição térmica de 60 kg de sulfito de cálcio segundo a equação:



foram produzidos 24 kg de gás sulfuroso. O rendimento da reação foi de aproximadamente

- 38%
- 40%
- 60%
- 70%
- 75%

27. Considere a seguinte equação química

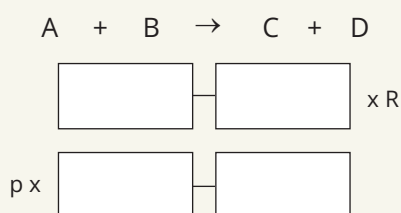


Utilizando-se 8,2 g de H_2SO_3 e quantidade suficiente de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, para um rendimento de 90% do processo, deverá obter-se

- 5,4 g de CaSO_3
- 10,8 g de CaSO_3
- 12,0 g de CaSO_3
- 108,0 g de CaSO_3
- 120,0 g de CaSO_3

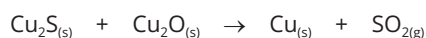


Cálculo com pureza e rendimento



APOIO AO TEXTO

28. O cobre é um metal encontrado na natureza em diferentes minerais. Sua obtenção pode ocorrer pela reação da calcosita, $\text{Cu}_2\text{S}_{(s)}$, com a cuprita, $\text{Cu}_2\text{O}_{(s)}$.



Numa reação com 60% de rendimento, a massa de cobre obtida a partir de 200 g de calcosita com 20,5% de impureza e cuprita suficiente é:

- 58,9 g.
- 98,2 g.
- 228,6 g.
- 381,0 g.
- 405,0 g.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Anotações:

Reagentes em excesso

Como visto nas Leis Ponderais, com destaque para Proust, as reações seguem uma proporção fixa das massas de cada reagente. Desse modo, se, ao adicionarmos os reagentes, não respeitarmos a proporção entre suas quantidades, ocorrerá excesso de algum desses reagentes. Isso significa que a quantidade de outro reagente estará limitando a reação, ficando a formação dos produtos estritamente associada à quantidade do **reagente limitante**.

Dicas

As questões sobre esse conteúdo geralmente apresentarão dois ou mais dados sobre os reagentes.

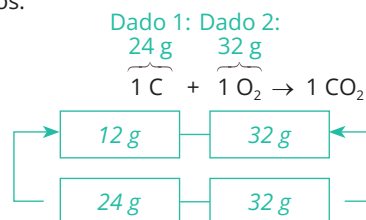
Como fazer?

▶ Nesses casos, primeiro deve-se descobrir qual o reagente em excesso e qual o reagente limitante. Para isso, elabora-se um conjunto de quadros como no cálculo comum.

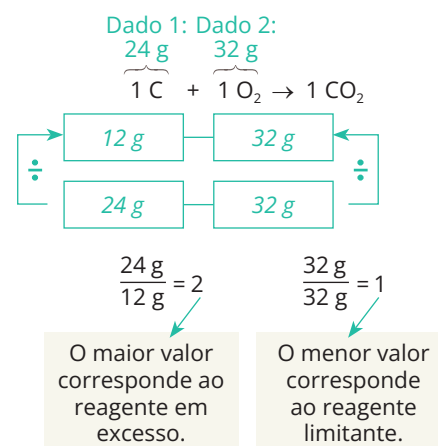
– Exemplo:

Para a reação: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$, foram misturados 24 g de C com 32 g de O_2 . Desse modo, qual dos dois reagentes pode estar em excesso?

▶ Estabelecimento do quadro com os quatro passos básicos:



▶ Divisão do valor dado pelo valor da reação em cada reagente:



Após, utilizando apenas o dado do reagente limitante, pode-se prosseguir como um cálculo comum.



EXERCÍCIO RESOLVIDO

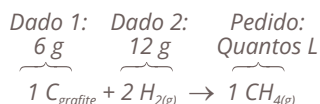
4. Qual é o volume máximo, em litros, nas CNTP, sintetizado de metano a partir de 6 g de C_{grafite} reagindo com 12 g de $H_{2(g)}$?

– Solução:

Identificação da reação de síntese do metano ($CH_{4(g)}$) a partir de $C_{\text{grafite}} + O_{2(g)}$ e verificação do seu balanceamento (passos 1 e 2):



Identificação, no texto, do dado e do pedido (passo 3):



Estabelecimento da regra de três (passo 4):

a) Descobrir quem está em excesso:

Dado 1:	Dado 2:	Pedido:
6 g	12 g	Quantos L
$1 C_{\text{grafite}} + 2 H_{2(g)} \rightarrow 1 CH_{4(g)}$		

12g	4 g	22,4 L
6g	12 g	x (L)

$\frac{6 \text{ g}}{12 \text{ g}} = 0,5$	$\frac{12 \text{ g}}{4 \text{ g}} = 3$
--	--

O menor valor
corresponde
ao reagente
limitante.

O maior valor
corresponde ao
reagente em
excesso.

b) Com os dados do reagente limitante, calcular o pedido:

Dado 1:	Excesso	Pedido:
6 g		Quantos L
$1 C_{\text{grafite}} + 2 H_{2(g)} \rightarrow 1 CH_{4(g)}$		

12g	22,4 L
6g	x (L)

c) Resolvendo a regra de três:

$$6 \text{ g} \cdot 22,4 \text{ L} = x \cdot 12 \text{ g}$$

$$x = \frac{134,4}{12} \text{ L}$$

$$x = 11,2 \text{ L de } CH_{4(g)}$$

Importante: Outra forma de chegar a mesma resposta, seria multiplicar os dados da equação (Como esta na estapa A) de forma cruzada. Desta maneira, o menor valor seria obtido abaixo do limitante.

APOIO AO TEXTO

29. 28 g de ferro (massa atômica = 56 g) reagem com 8 g de enxofre (massa atômica = 32 g) para formar pirita (FeS_2). A reação ocorre por aquecimento até o desaparecimento de um dos reagentes. Qual é o reagente em excesso e qual a massa de pirita que será formada ao término da reação?

- Fe – 15 g.
- Fe – 30 g.
- Fe – 60 g.
- S – 15 g.
- S – 60 g.

30. Fazemos reagir 5,00 g de fósforo e 2,00 g de oxigênio para obter o composto P_2O_3 . Qual dos reagentes está em excesso e quantos gramas desse reagente sobrarão? Quantos mols de P_2O_3 serão obtidos?

- Fósforo – 2,58 g – 2,00 mol.
- Fósforo – 2,42 g – 0,04 mol.
- Oxigênio – 2,42 g – 0,04 mol.
- Oxigênio – 2,58 g – 0,04 mol.
- Fósforo – 2,42 g – 2,00 mol.



Cálculo com reações consecutivas

Nesses casos, a questão apresentará uma sequência de etapas reacionais que dão origem a uma reação global. A necessidade de se chegar a uma reação global dá-se pelo fato de que o dado será informado em uma das etapas, e o pedido ocorrerá em outra etapa.

Como fazer?

▶ Nesses casos, antes de procedermos o cálculo comum, devemos seguir os seguintes passos:

- 1º. Balanceie cada equação consecutiva, uma por uma;
- 2º. "Corte" os elementos possíveis;
- 3º. Some as equações, para obter apenas uma equação.

Observação: Em algumas questões, pode ser necessário "multiplicar" ou "dividir" uma ou outra equação por números convenientes, que levem ao cancelamento desejado.

Cálculo de reações com ar

Nesses casos, a questão apresenta uma reação que contenha $N_{2(g)}$ ou $O_{2(g)}$, que, como se sabe, são os componentes majoritários da mistura ar. Para tanto, dizemos que, em cada 100 partes de ar, há 80 partes de N_2 e 20 partes de O_2 .

Como fazer?

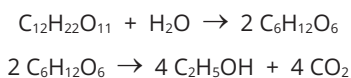
▶ Como as reações não envolvem o ar como participante, e sim N_2 ou O_2 , é necessário fazermos a relação a seguir:

Em 100% AR, temos 20% O_2 e 80% N_2 .

Então: 5 : 4 : 1
AR N_2 O_2

////////// APOIO AO TEXTO //////////

31. O álcool etílico (C_2H_5OH), usado como combustível, pode ser obtido industrialmente pela fermentação da sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), representada simplificada pelas equações:



Partindo-se de uma quantidade de caldo de cana que contenha 5 mols de sacarose e admitindo-se um rendimento de 80%, o número de mols de álcool etílico obtido será igual a:

- a) 20
- b) 16
- c) 10
- d) 8

////////// APOIO AO TEXTO //////////

32. 56 L de metano (CH_4) são completamente queimados no ar, produzindo gás carbônico e água. Suponha que todas as substâncias estão em estado gasoso e nas mesmas condições de pressão e temperatura. Qual o volume de ar necessário à combustão?

- a) 56 L
- b) 112 L
- c) 140 L
- d) 280 L
- e) 560 L

Anotações:





» Soluções

• Estudo das Dispersões

Soluções verdadeiras

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

– Exemplo: NaCl dissolvido em água.

Dispersões coloidais

Se um feixe de luz incide sobre esse sistema, é possível visualizar o efeito dessa luz sobre as partículas dispersas (Efeito Tyndall). Nesse caso, os dispersos possuirão diâmetro entre 1 e 1000 nm.

– Exemplos: leite, gelatina etc.

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

Tratam-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 etc.

• Estudo das soluções verdadeiras

Solução é um sistema **monofásico**, isto é, “mistura homogênea” de duas ou mais substâncias.

Solução (m)	=	Soluto (m ₁)	+	Solvente (m ₂)
↓		↓		↓
Salmoura		Sal (NaCl)		Água

▶ **Solvente:** substância em maior quantidade na solução (é aquela que dissolve).

▶ **Soluto:** substância em menor quantidade na solução (é aquela que é dissolvida).

Solução	Solvente	Soluto
Água + açúcar	Água	Açúcar
Ar	N ₂	Outros gases
Ouro - 18	Ouro (Au)	Cobre (Cu)

Estudando solubilidade, devemos lembrar que:

- ▶ substância polar dissolve substância polar;
- ▶ substância apolar dissolve substância apolar.

Ou seja:

“semelhante dissolve semelhante”.



Curiosidade

Por que o petróleo derramado no mar forma uma mancha?



Agência Brasil/BID

Como é de conhecimento comum, a água é um ótimo solvente polar, portanto, dissolve diversas outras substâncias também polares.

Já o petróleo, assunto que será abordado na química orgânica, é principalmente uma mistura de diversos hidrocarbonetos, substâncias que são apolares.

Como foi visto na regra, semelhante dissolve semelhante, portanto a água e o petróleo têm polaridades diferentes e, sendo assim, são insolúveis um no outro.

• Classificação das soluções

Quanto ao estado físico

- ▶ **Sólida:** solvente sempre sólido.

- Exemplo: ligas metálicas (aço, bronze, latão).



Frank C. Müller/BID

Anotações:

- ▶ **Líquida:** solvente sempre líquido.

- Exemplo: água + açúcar; água + álcool.



Fabiano Alvarez/BID

- ▶ **Gasosa:** solvente e soluto sempre gasosos.

- Exemplo: ar atmosférico ($N_2 + O_2$).



Jane/BID

Quanto à condutividade elétrica

- ▶ **Solução eletrolítica**

- Conduz a corrente elétrica;

- Formada por íons (**cátions e ânions**).

- Exemplo: soluções aquosas de ácidos, bases e sais.

- ▶ **Solução não eletrolítica**

- Não conduz a corrente elétrica;

- Formada por moléculas.

- Exemplo: $\left[\begin{array}{cc} \text{Água} & + & \text{Açúcar} \\ (\text{H}_2\text{O}) & & (\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) \end{array} \right]$

Quanto ao coeficiente de solubilidade

- ▶ **Coefficiente de solubilidade**

É a quantidade máxima de soluto que pode ser dissolvida em uma determinada quantidade de solvente a uma temperatura constante.

- Exemplo: $C_s(\text{NaCl}) = 360 \text{ g/L } (\text{H}_2\text{O}) \text{ a } 20^\circ\text{C}$.

Significado: podemos dissolver, no máximo, 360 g de NaCl em 1 L de água à temperatura constante de 20°C .





Baseando-se no coeficiente de solubilidade (C_s), podemos ter:

- **solução insaturada (não saturada):** ocorre quando a quantidade de soluto dissolvido é menor do que a indicada pelo C_s ;

- **solução saturada:** ocorre quando a quantidade dissolvida de soluto é exatamente igual àquela indicada pelo 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 C_s . Essa solução é dita instável, pois qualquer alteração do meio provoca a precipitação do excesso.

Importante

$$1 \text{ L H}_2\text{O} = 1.000 \text{ g H}_2\text{O} = 1 \text{ kg H}_2\text{O}$$

////// APOIO AO TEXTO ////

1. Quatro tubos contêm 20 mL de água cada um. Coloca-se nesses tubos dicromato de potássio, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, nas seguintes quantidades:

Tubos de ensaio	Tubo A	Tubo B	Tubo C	Tubo D
Massa de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	1,0	3,0	5,0	7,0

A solubilidade do sal, a 20°C , é 12,5 g por 100 mL de água. Após agitação, em quais dos tubos coexistem, nessa temperatura, solução saturada e fase sólida (sistema bifásico)?

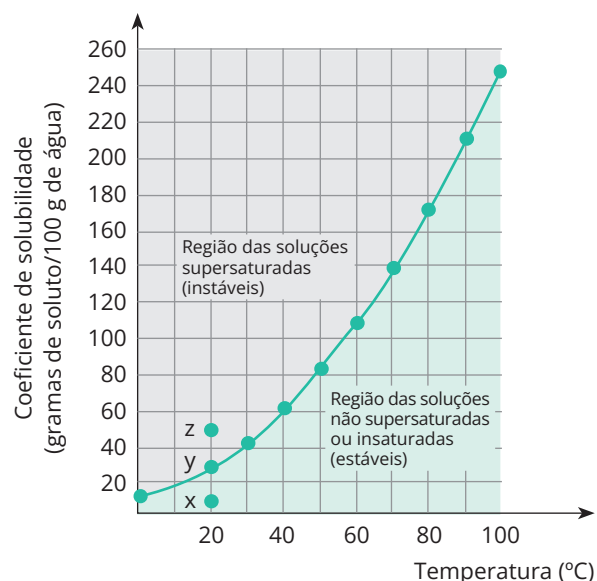
- Em nenhum.
- Apenas em D.
- Apenas em C e D.
- Apenas em B, C e D.
- Em todos.

2. Evapora-se completamente a água de 40 g de uma solução saturada de nitrato de prata, sem corpo de fundo, e obtêm-se 15 g de resíduo sólido. O coeficiente de solubilidade do nitrato de prata para 100 g de água na temperatura da solução inicial é:

- 25 g.
- 30 g.
- 60 g.
- 15 g.
- 45 g.

► Curvas de solubilidade

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



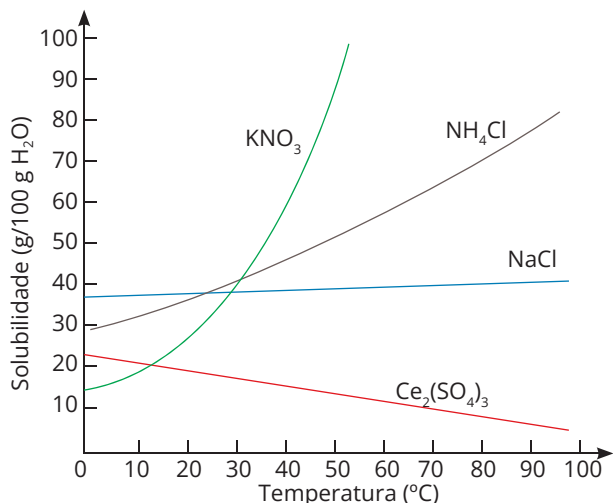
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Anotações:



APOIO AO TEXTO

3. Considere o gráfico de solubilidade de vários sais em água, em função da temperatura.



Com base no gráfico e nos conhecimentos sobre soluções, é correto afirmar:

- A solubilidade do cloreto de amônio varia menos acentuadamente com a temperatura do que a do cloreto de sódio.
- A substância menos solúvel, a 40°C, é o sulfato de cério.
- Uma solução contendo 40 g de nitrato de potássio em 100 g de água, numa temperatura entre 0°C e 30°C, é insaturada.
- Dissolvendo-se 40 g de cloreto de amônio em 100 g de água, a 30°C, obtém-se uma solução insaturada.
- A solubilidade do sulfato de cério aumenta com o aumento da temperatura.

Anotações:

Concentrações de soluções

Introdução

O conhecimento das quantidades de soluto, solvente e solução permite-nos estabelecer algumas relações matemáticas, denominadas **concentração de soluções**. É a maneira de expressarmos a proporção entre as “quantidades” de soluto e de solução (ou de solvente).

Como sabemos:

$$\text{Solução} = \text{Soluto}_{(\text{usaremos o índice 1})} + \text{Solvente}_{(\text{usaremos o índice 2})}$$

$$\text{Concentração} = \frac{\text{Quantidade de soluto}}{\text{Quantidade de solução}}$$

	Solução =	Soluto +	Solvente
Massa	m	m ₁	m ₂
Volume	v	v ₁	v ₂
Nº de mols	n	n ₁	n ₂

Tipos de concentrações

CONCENTRAÇÃO COMUM (C) OU CONCENTRAÇÃO EM G/L

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

$$C = \frac{\text{Massa do soluto} \rightarrow m_1 (\text{g})}{\text{Volume da solução} \rightarrow V (\text{L})}$$

Unidade: g/L ou g · L⁻¹.

APOIO AO TEXTO

4. Após o preparo de um suco de fruta, verificou-se que 200 mL da solução obtida continham 58 mg de aspartame. Qual a concentração de aspartame no suco preparado?

- 0,29 g/L.
- 2,9 g/L.
- 0,029 g/L.
- 290 g/L.
- 0,58 g/L.



5. Qual a massa de açúcar ingerida por uma pessoa ao beber um copo de 250 mL de limonada na qual o açúcar está presente na concentração de 80 g/L?

- a) 20 g.
- b) 80 g.
- c) 0,02 g.
- d) 0,08 g.
- e) 2 g.

6. Após o preparo de um suco de fruta, verificou-se que 200 mL da solução obtida continham 58 mg de aspartame. Qual é a concentração de aspartame no suco preparado?

- a) 0,29 g/L.
- b) 2,9 g/L.
- c) 0,029 g/L.
- d) 290 g/L.
- e) 0,58 g/L.

7. (ENEM) Determinada Estação trata cerca de 30.000 litros de água por segundo. Para evitar riscos de fluorose, a concentração máxima de fluoretos nessa água não deve exceder a cerca de 1,5 miligrama por litro de água. A quantidade máxima dessa espécie química que pode ser utilizada com segurança, no volume de água tratada em uma hora, nessa Estação, é:

- a) 1,5.
- b) 4,5.
- c) 96.
- d) 124.
- e) 162.

CONCENTRAÇÃO EM QUANTIDADE DE MATÉRIA, CONCENTRAÇÃO EM MOLS POR LITRO OU MOLARIDADE (M)

É a relação entre o número de mol do soluto existente em 1 litro de solução.

$$M = \frac{n^\circ \text{ mols do soluto}}{\text{Volume da solução}} \rightarrow \frac{n_1}{V}$$

Unidade: $\frac{\text{mol}}{\text{L}}$ (ou $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) ou "molar" ou "M".

$$M = \frac{n_1}{V}$$

$$n_1 = \frac{m_1}{\text{mol}}$$

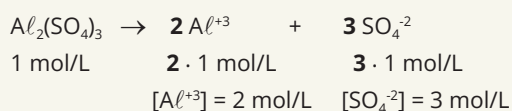
$$M = \frac{m_1}{\text{mol} \cdot V}$$

MOLARIDADE DE ÍONS

Nas soluções iônicas, é possível determinar a molaridade do soluto, assim como a molaridade dos íons provenientes de sua dissociação ou ionização.

A molaridade dos íons é proporcional aos seus coeficientes estequiométricos nas equações de dissociação ou ionização.

- Exemplo: Partindo de uma solução de sulfato de alumínio, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, de concentração igual a 1 mol/L, qual a molaridade de seus íons?



APOIO AO TEXTO

8. Qual a massa, em gramas, de carbonato de sódio (Na_2CO_3) que deve ser dissolvida em 500 mL de água a fim de se obter uma solução 1 mol/L desse sal?

- a) 53
- b) 106
- c) 212
- d) 500
- e) 1000



9. Dissolvendo-se 1,47 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ em água até completar 200 mL, obtém-se uma solução aquosa cuja concentração, em mol/L, é:

- a) $5,0 \cdot 10^{-2}$
- b) $4,0 \cdot 10^{-3}$
- c) $3,0 \cdot 10^{-2}$
- d) $2,0 \cdot 10^{-3}$
- e) $1,0 \cdot 10^{-2}$

10. A concentração de íons fluoreto em água de uso doméstico é de $5 \cdot 10^{-5}$ mol/L. Se uma pessoa tomar 3,0 L dessa água por dia, calcule ao fim de um dia, a massa de fluoreto em miligramas que ela ingeriu.

- a) 0,285 g.
- b) 0,285 mg.
- c) 2,85 mg.
- d) 2,85 g.
- e) 28,5 mg.

CONCENTRAÇÃO DE ÍONS

////////// APOIO AO TEXTO //////////

11. Uma solução aquosa de nitrato de cobre II foi preparada dissolvendo-se 93,75 g de $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ em 1,0 L de solução. A concentração de íons nitrato, em mol/L, é, aproximadamente:

- a) 0,7.
- b) 0,5.
- c) 1,4.
- d) 2,0.
- e) 1,0.

TÍTULO OU TÍTULO EM MASSA (T) E PORCENTAGEM EM MASSA (%M)

É a relação entre a massa do soluto e a massa total da solução, ambas medidas na mesma unidade.

Lembre-se:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Solução} & = & \text{soluto} & + & \text{solvente} \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\ m & = & m_1 & + & m_2 \end{array}$$

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

$m = m_1 + m_2$, logo:

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

O título pode ser expresso em porcentagem; nesse caso, será chamado de porcentagem em massa e pode ser obtido de acordo com a relação abaixo:

$$\% \text{ em massa} = T \cdot 100$$

TÍTULO EM VOLUME (Tv) E PORCENTAGEM EM VOLUME (%V)

$$T_v = \frac{V_1}{V}$$

$$T_v = \frac{V_1}{V_1 + V_2}$$

$$\%(v/v) = T_v \cdot 100$$

Observação

A densidade não é uma forma de expressar concentração de soluções. Todavia, ela aparece com frequência em questões que envolvem a concentração das soluções, pois a densidade de uma solução depende da sua concentração.



////// APOIO AO TEXTO ////

CONCENTRAÇÃO EM % (m/V)

12. Dê o significado.

a) Solução 5% em massa.

b) Solução 7,5% em massa.

13. Em 50 litros de ar seco e isento de poluentes, há 39 litros de gás nitrogênio. Qual é o título em volume do nitrogênio no ar, bem como sua porcentagem em volume?

a) 0,78 – 78%.

b) 1,28 – 12,8%.

c) 1,28 – 128%.

d) 0,78 – 7,8%.

e) 0,078 – 0,78%.

14. Um aluno deseja preparar 25,0 g de uma solução aquosa contendo 8% em massa de cloreto de sódio. As massas, em gramas, de água e sal tomadas pelo aluno foram respectivamente:

a) 21 e 4,0.

b) 17 e 8,0.

c) 23 e 2,0.

d) 19 e 6,0.

e) 20 e 5,0.

15. Em que quantidade de água devem ser dissolvidos 100 g de glicose para se obter uma solução 20% em massa?

a) 20 g.

b) 40 g.

c) 100 g.

d) 400 g.

e) 500 g.

É importante sabermos que esse tipo de concentração não expressa o título. Como visto, o título sempre será % (m/m) ou % (V/V).

Para estudarmos essa % (massa/volume), basta conhecermos a seguinte relação:

$$X \% (m/V) = X \text{ g de soluto} / 100 \text{ mL de solução}$$

DENSIDADE OU MASSA ESPECÍFICA (d)

É a relação entre a massa da solução e o volume da solução.

$$d = \frac{m}{v} \rightarrow \text{Unidades: g/cm}^3 \text{ ou g/mL ou g} \cdot \text{cm}^{-3} \text{ ou g} \cdot \text{mL}^{-1}$$

RELAÇÕES ENTRE CONCENTRAÇÕES

$$C = d \cdot T \cdot 1.000$$

$$C = M \cdot \text{mol}$$

$$C = d \cdot T \cdot 1000 = M \cdot \text{mol}$$

////// APOIO AO TEXTO ////

16. Num exame laboratorial, foi recolhida uma amostra de sangue, sendo o plasma separado dos eritrócitos, ou seja, deles isolado antes que qualquer modificação fosse feita na concentração de gás carbônico. Sabendo-se que a concentração de CO_2 , nesse plasma, foi de 0,025 mol/L, essa mesma concentração, em g/L, é de:

a) 1.760

b) $6 \cdot 10^{-4}$

c) 2,2

d) 1,1

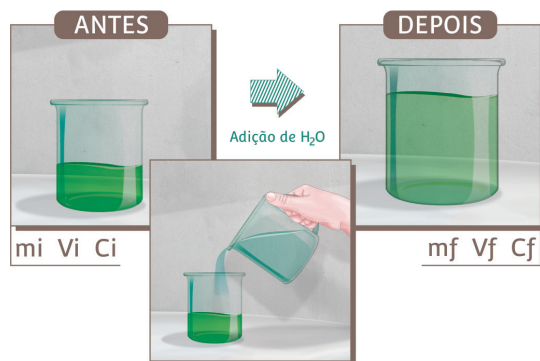
e) 0,70



• Relação entre as soluções

Diluição de soluções

É o processo de adicionar mais solvente a uma solução.



$$\begin{aligned} m_i &= m_f \\ V_i &< V_f \\ C_i &> C_f \end{aligned}$$

Conclusões: A quantidade de soluto permanece inalterada, mas, com o aumento do volume, a concentração sempre diminui (a solução fica mais diluída).

Fórmulas

Antes → Depois

↓ ↓

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

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

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

Mistura de soluções (mesmo soluto)

100 mL = 0,1 L
M = 0,5 mol/L

300 mL = 0,3 L
M = 0,2 mol/L

400 mL = 0,4 L
M = 0,275 mol/L

Fórmulas

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

↓ ↓ ↓

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

ou

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

Saiba mais

MISTURA DE SOLUÇÕES (SOLUTOS DIFERENTES)

Quando a questão tratar de mistura de soluções de solutos diferentes que não sofrem reação química, vamos resolvê-la considerando cada soluto de forma independente na solução final, ou seja, como se o outro soluto não existisse. Devemos considerar como se fosse uma **diluição**, visto que o volume muda (o qual deve ser levado em consideração). Vejamos o exemplo abaixo:

– Exemplo resolvido:

Para fazermos uma solução de soro fisiológico caseiro, é necessário juntarmos sal de cozinha (cloreto de sódio, NaCl), açúcar (sacarose, $C_{12}H_{22}O_{11}$) e água. Em frascos separados, temos: solução de NaCl com volume de 1 litro e 0,1 mol/L; solução de $C_{12}H_{22}O_{11}$ com volume de 1 litro e 0,2 mol/L. Após misturarmos as duas soluções, qual a concentração de sal e de açúcar?

– Solução:

Na solução final:

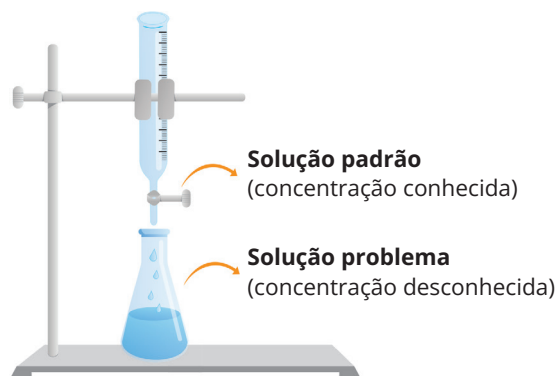
$$\text{Para o NaCl: } M = \frac{n_1}{V} = \frac{0,1 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0,05 \text{ mol/L}$$

$$\text{Para o } C_{12}H_{22}O_{11}: M = \frac{n_1}{V} = \frac{0,2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 0,1 \text{ mol/L}$$



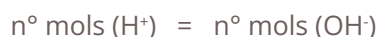
Titulação (volumetria)

Serve para determinar a concentração desconhecida de um dos componentes de uma solução.



Importante

Em uma **titulação de neutralização**, o fim de reação é caracterizado pela mudança de cor (**viragem**) e só acontece quando:

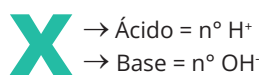
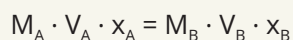
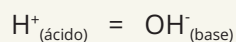


Acidimetria

Determinação da concentração de um **ácido**.

Alcalimetria

Determinação da concentração de uma **base**.



////////// APOIO AO TEXTO //////////

17. Um laboratorista precisa preparar uma solução 0,5 mol/L de Na_2SO_4 , aproveitando 200 mL de solução 0,8 mol/L do mesmo sal. O que ele deve fazer com a solução 0,8 mol/L é:

- a) adicionar 320 mL de água.
- b) evaporar 120 mL de água.
- c) adicionar 120 mL de água.
- d) adicionar 1.400 mL água.
- e) adicionar 0,4 mol de sal.

18. Misturando-se 25,0 mL de uma solução 0,50 mol/L de $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ com 35,0 mL de solução 0,30 mol/L de $\text{KOH}_{(\text{aq})}$ e 10,0 mL de solução 0,25 mol/L de $\text{KOH}_{(\text{aq})}$, resulta em uma solução cuja concentração em quantidade de matéria, admitindo-se a aditividade de volume, é aproximadamente igual a:

- a) 0,24.
- b) 0,36.
- c) 0,42.
- d) 0,50.
- e) 0,72.

19. Um volume de 200 mL de uma solução aquosa de HCl 0,20 mol/L neutraliza completamente 50 mL de uma solução aquosa de Ca(OH)_2 . Determine a concentração em quantidade de matéria da solução básica.

- a) 0,4 mol/L.
- b) 0,8 mol/L.
- c) 0,5 mol/L.
- d) 1,0 mol/L.
- e) 0,2 mol/L.





» Propriedades Coligativas

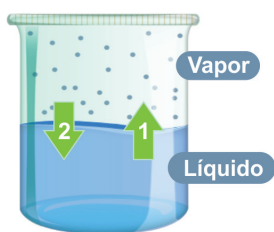
Após o estudo das soluções, temos pré-requisitos suficientes para conhecermos as Propriedades Coligativas, assunto que trata dos aspectos qualitativos observados pela influência da adição de um soluto não volátil sobre os solventes.

Veremos, neste tópico, uma influência direta da concentração dos solutos não voláteis, independentemente de sua natureza, nas propriedades físicas dos solventes, como pressão de vapor, ponto de ebulição, ponto de fusão e pressão osmótica.

Para análise dessas propriedades, será necessário o conhecimento de alguns conceitos:

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, estabelece-se um equilíbrio entre as fases L e V dentro do sistema. A partir desse 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, como mostra na figura.



1 - Evaporação 2 - Condensação

Além disso, percebe-se que, quanto mais volátil for um líquido puro, ou seja, quanto menor o ponto de ebulição desse líquido, tanto maior será sua pressão de vapor em uma determinada temperatura. Observe o gráfico a seguir, comprovando isso:

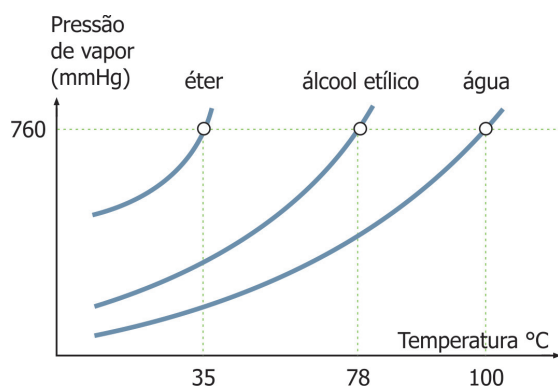


Diagrama de fases

O diagrama de fases corresponde a um gráfico de pressão X temperatura ($P \cdot T$) em que estão coexistindo as três fases (S, L e V) de uma substância. O gráfico geral de um diagrama de fases está representado abaixo:

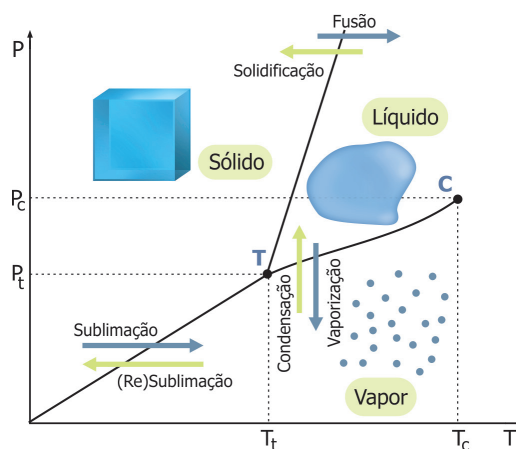


Diagrama de fases de um fluido simples.

Nesse 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 desse ponto, dizemos que o gás não irá mais se liquefazer.

Vejamos o exemplo específico da água:

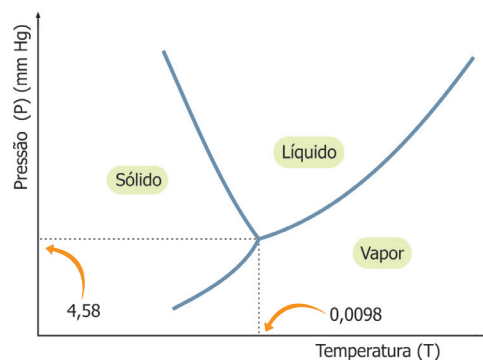


Diagrama de fases da água.

Agora que já conhecemos os conceitos básicos para esse assunto, estudaremos os efeitos coligativos, lembrando que todos avaliam o efeito da adição de um soluto não volátil sobre um solvente.

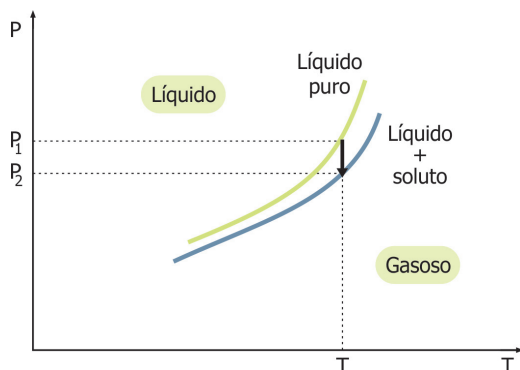


Tonoscopia ou tonometria

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

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

O gráfico desse efeito é representado abaixo:



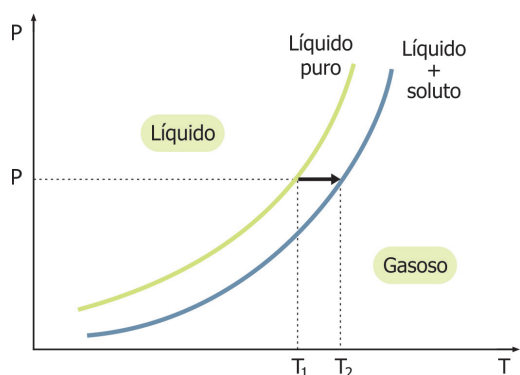
Exemplo de aplicação cotidiana: nas indústrias pode-se utilizar a adição de substâncias não voláteis para inibir a formação de vapor em processos nos quais ele é indesejado.

Ebulioscopia ou ebuliometria

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

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

O gráfico desse efeito é representado abaixo:



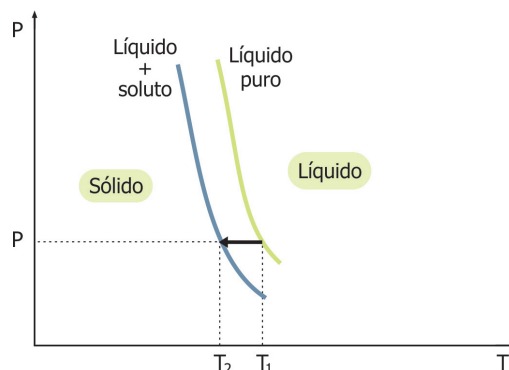
Exemplo de aplicação cotidiana: o uso de aditivos nos radiadores de automóveis, que têm como uma das funções aumentar o ponto de ebulição, não permitindo, com isso, que a água ferva com facilidade.

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 - $\downarrow T_{\text{fusão}}$

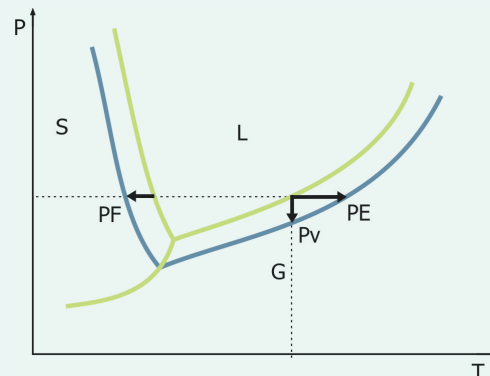
O gráfico desse efeito é representado abaixo:



Exemplo de aplicação cotidiana: em países frios, usa-se sal na neve para que esta derreta mais facilmente. A adição do sal diminui o ponto de fusão.

Importante

Resumindo as três primeiras propriedades em um só diagrama de fases, temos:

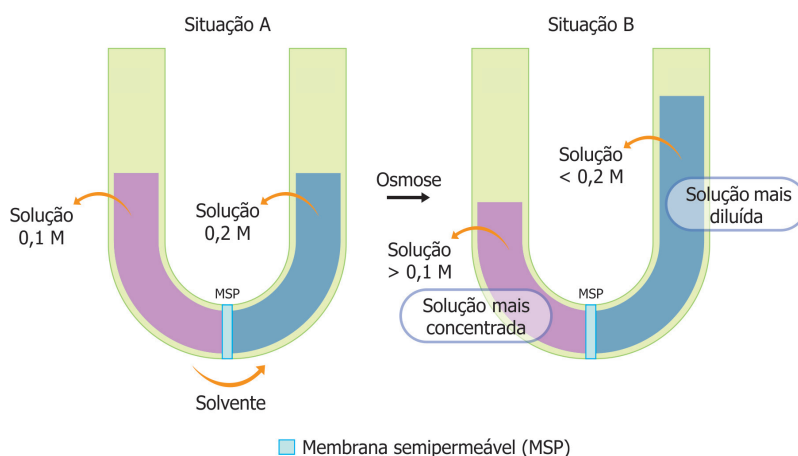


Anotações:



Osmoscopia ou osmometria

Corresponde ao estudo da pressão osmótica. Para entendermos esse assunto, precisamos conhecer a osmose. Osmose é um fenômeno natural em que solventes como a água tendem a fluir de meios menos concentrados para outros mais concentrados através de uma membrana semipermeável (membrana que permite a passagem do solvente sem permitir a passagem de solutos), conforme o esquema ao lado:



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

Conforme estudamos, as propriedades coligativas só dependem da concentração molar dos solutos. Por isso, precisamos fazer uma correção para solutos iônicos e não iônicos, como no exemplo a seguir:

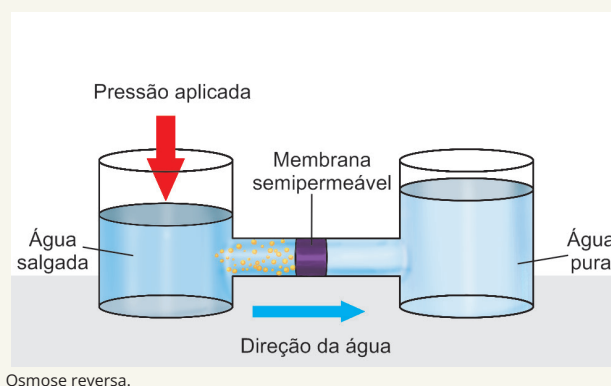
- ▶ 1 mol/L $C_6H_{12}O_6$ ^{Covalente} \rightarrow permanece 1 mol/L $C_6H_{12}O_6$.
- ▶ 1 mol/L de $NaCl$ ^{Iônico} \rightarrow torna-se 1 mol/L de Na^+ e 1 mol/L de Cl^- , assim, a concentração de íons na solução é de 2 mols/L.

Aplicação no cotidiano

A DESSALINIZAÇÃO DA ÁGUA E A OSMOSE REVERSA

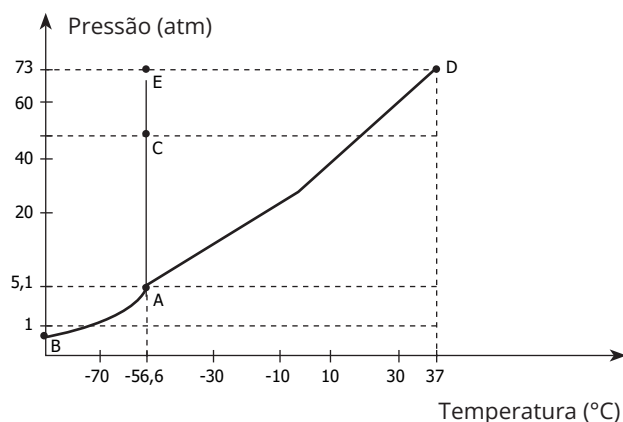
A osmose reversa é um processo de separação na qual se separa o solvente do soluto a partir da aplicação de uma pressão mecânica externa sobre a solução de maior concentração de soluto. Nesse caso, o solvente sai da solução com maior concentração de partículas de soluto (hipertônica) para a solução de menor concentração de partículas de soluto (hipotônica). Como o nome sugere, a osmose reversa é um processo contrário ao fenômeno que, espontaneamente, tende a acontecer quando duas soluções de diferentes concentrações de partículas de soluto são colocadas em contato, separadas por uma membrana semipermeável: a osmose.

Sendo assim, no processo de osmose reversa, é aplicada uma pressão mecânica sobre a solução com maior quantidade de partículas de soluto, sendo essa pressão necessariamente maior que a pressão osmótica, de tal forma que o solvente flua de um compartimento para o outro, havendo transporte da água no sentido contrário do fluxo natural de osmose, de uma forma não espontânea. Esse processo é utilizado em alguns tipos de dessalinizadores para a obtenção de água potável a partir da água salgada, também em processos de concentração de sucos, proteínas e vinho da indústria alimentícia, na descontaminação e na recuperação de águas residuais na indústria, na produção de alguns produtos químicos, entre outros.



APOIO AO TEXTO

1. (UFSC adaptada) Considere o diagrama de fases do dióxido de carbono, representado a seguir, e assinale V para verdadeiro e F para falso nas afirmações que seguem:



- () À pressão de 73 atm, o dióxido de carbono é líquido na temperatura de 25°C e é sólido na temperatura de -60°C, mantendo a mesma pressão.
- () Os valores de pressão e temperatura correspondentes à linha A-C-E representam o equilíbrio entre os estados sólido e vapor.
- () Este composto é um gás nas condições ambientes.
- () A -56,6°C e 5,1 atm, tem-se o ponto triplo, para o qual o dióxido de carbono encontra-se em equilíbrio nos três estados físicos.
- () No ponto C do diagrama, estão em equilíbrio as fases sólida e vapor.
- () O gelo seco sublima quando mantido a 1 atm; portanto, não é possível conservá-lo em freezers comuns, a -18°C.

A sequência correta é:

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

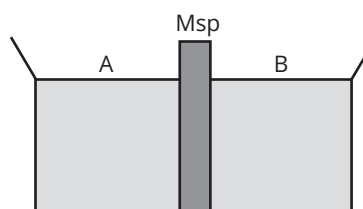
2. À mesma temperatura, qual das soluções indicadas abaixo tem maior pressão de vapor?

- a) Solução aquosa 0,01 mol/L de hidróxido de potássio.
 b) Solução aquosa 0,01 mol/L de cloreto de cálcio.
 c) Solução aquosa 0,1 mol/L de cloreto de sódio.
 d) Solução aquosa 0,1 mol/L de sacarose.
 e) Solução aquosa 0,2 mol/L de glicose.

3. Duas soluções de cloreto de sódio, NaCl, e glicose, C₆H₁₂O₆, têm a mesma concentração em quantidade de matéria. A solução que congela em temperatura mais baixa é:

- a) de glicose.
 b) de NaCl.
 c) não se congelam.
 d) só a glicose se congela.
 e) ambas à mesma temperatura.

4. A figura abaixo representa um frasco contendo duas soluções de glicose de concentrações diferentes, separadas por uma membrana semipermeável (msp):



- A. Solução aquosa de Glicose a 0,2Mol/L
 B. Solução aquosa de Glicose a 0,5Mol/L

Pela análise da figura, pode-se afirmar que, após algum tempo, ocorre:

- a) aumento do nível da solução **A**.
 b) aumento da concentração da solução **B**.
 c) aumento da concentração da solução **A**.
 d) diminuição do nível da solução **B**.
 e) diminuição da concentração da solução **A**.





» Termoquímica

Desde o início dos tempos, o homem tenta, mesmo que inconscientemente, utilizar-se das transformações químicas para produzir energia pelos mais variados motivos, como cozimento de alimentos, para se aquecer em frios rigorosos, para gerar eletricidade etc.

Nesta unidade, perceberemos que todas as transformações da matéria estarão relacionadas com alguma quantidade de energia, seja esta absorvida ou liberada. A parte da Química dedicada ao estudo das transformações que ocorrem com a matéria e a quantidade de energia calorífica envolvida é conhecida como **termoquímica**.

• Conceitos fundamentais da Termoquímica

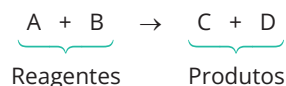
Para este estudo, observemos os seguintes conceitos:

▶ **Entalpia (H):** corresponde à quantidade teórica de energia armazenada nas substâncias.

▶ **Varição de entalpia (ΔH):** corresponde à quantidade de energia absorvida ou liberada por uma transformação química ou física. Esse valor pode ser obtido pela seguinte equação:

$$\Delta H = H_{\text{final}} - H_{\text{inicial}} \quad \text{ou} \quad \Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

Uma das formas de determinar a variação de entalpia (ΔH) de uma reação química é conhecendo a entalpia padrão de cada substância envolvida no processo.



Para a reação hipotética acima, temos:

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

Anotações:

Detalhamento

ENTALPIA ZERO

Convencionou-se entalpia zero para a “substância simples no **estado padrão**” (estado mais comum).

Estado padrão

Representa o estado físico e alotrópico mais estável de uma substância a uma temperatura de 25°C e uma pressão de 1 atm.

- Exemplo: $H_{2(g)}$, $Cl_{2(g)}$, $O_{2(g)}$, $I_{2(s)}$, $Fe_{(s)}$, $Na_{(s)}$, $Ca_{(s)}$,
 $Cu_{(s)}$, $Zn_{(s)}$, $Ag_{(s)}$

Alotropia

É o fenômeno em que elementos químicos formam, cada um, duas ou mais substâncias simples diferentes.

C → C_n (grafite) {H = zero
→ C_n (diamante) {H ≠ zero

O → O_2 (gás oxigênio) {H = zero
→ O_3 (gás ozônio) {H ≠ zero

P → P_n (vermelho) {H = zero
→ P_4 (branco) {H ≠ zero

S → Rômbico {H = zero
→ Monoclínico {H ≠ zero



• Classificação dos processos termoquímicos

As transformações da matéria podem ser classificadas de acordo com a troca de calor que realizam com o meio em que ocorrem (se absorvem ou liberam calor). Dessa forma, podem ser classificados como **processos endotérmicos** ou **processos exotérmicos**.

Processos endotérmicos

São processos que **absorvem calor** do meio em que ocorrem. Esses processos apresentam uma variação de entalpia (ΔH) maior que zero (valor positivo).

- Exemplos:

Fotossíntese



Luis Miguel Bugallo Sánchez/BID

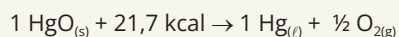
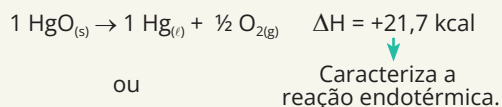
Ebulição



Markus Schweiss/BID

Água em ebulição.

▶ Representação



Processos exotérmicos

São processos que **liberam calor** para o meio em que ocorrem. Esses processos apresentam uma variação de entalpia (ΔH) menor que zero (valor negativo).

- Exemplos:

Respiração celular



Marcel Golden/BID

Combustão



Daddio Gonçalves/Soc.Hu

Fogo no palito de fósforo.

▶ Representação

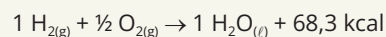
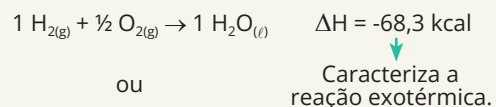


GRÁFICO DE PROCESSOS ENDOTÉRMICOS

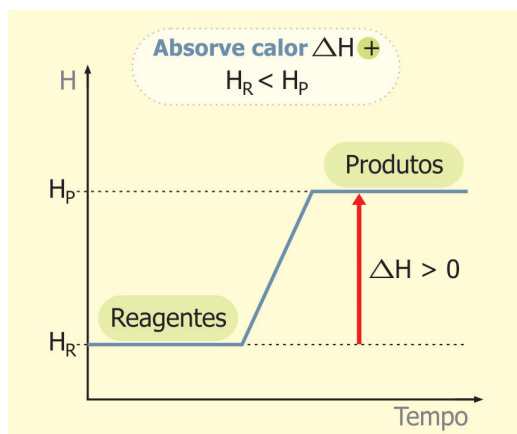
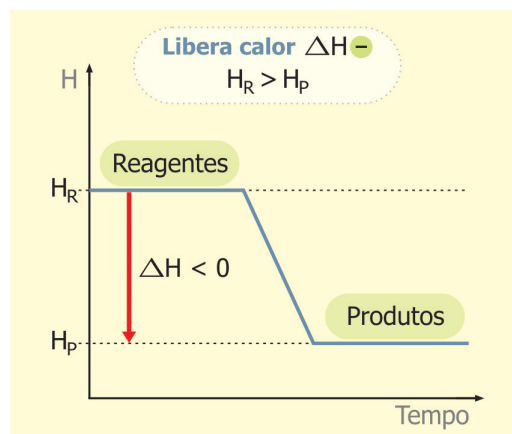


GRÁFICO DE PROCESSOS EXOTÉRMICOS



Anotações:



Detalhamento

A quantidade de calor envolvida no processo pode ser representada juntamente com as substâncias na reação. Sendo assim, transformamos esse calor em ΔH da seguinte forma:

SINAL DO ΔH

- ▶ **Energia (calor)** antes da flecha

ΔH com sinal IGUAL

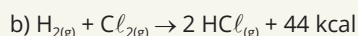
- ▶ **Energia (calor)** depois da flecha

ΔH com sinal OPOSTO

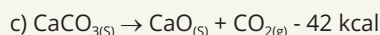
– Exemplos:



$\Delta H = -94,5 \text{ kcal}$



$\Delta H = -44 \text{ kcal}$



$\Delta H = +42 \text{ kcal}$

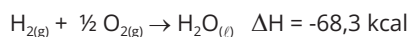
• Calor ou entalpia de reação

A entalpia de reação é denominada como o calor absorvido ou liberado por uma reação química. Dependendo da reação em questão, teremos diferentes denominações para a entalpia de reação, conforme estudaremos a seguir.

Calor ou entalpia de formação (ΔH_f°)

Corresponde ao ΔH de uma reação de formação de 1 mol de uma substância, formada a partir de duas ou mais substâncias simples em seu estado-padrão.

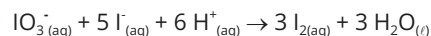
– Exemplo:



Anotações:

////////// APOIO AO TEXTO //////////

1. (UFSM) O $I_{2(aq)}$ pode ser obtido em solução a partir da reação do iodato, $IO_3^-_{(aq)}$, com o íon iodeto, $I^-_{(aq)}$, em meio ácido, conforme a reação:



Substância ΔH_f° (entalpia padrão de formação) 25°C, 1 atm (kJ · mol⁻¹)

$IO_3^-_{(aq)}$	-221
$I^-_{(aq)}$	-55
$H^+_{(aq)}$	0
$I_{2(aq)}$	23
$H_2O_{(l)}$	-286

A reação apresentada é _____, e a entalpia da reação, em kJ · mol⁻¹, é _____.

Assinale a alternativa que completa as lacunas:

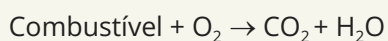
- a) exotérmica; -13
- b) exotérmica; -293
- c) exotérmica; -1.285
- d) endotérmica; +13
- e) endotérmica; +293



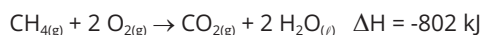
Calor ou entalpia de combustão (ΔH_c°)

Corresponde ao ΔH de uma reação de combustão completa de 1 mol de uma substância combustível (será sempre negativo, exotérmico), a qual reage com oxigênio gasoso, que funciona como comburente.

A reação de combustão completa de qualquer combustível orgânico está esquematizada no quadro abaixo. Ela será sempre exotérmica (libera calor e tem $\Delta H < 0$).



– Exemplo:



////// APOIO AO TEXTO //////////////

2. A queima (combustão) de combustíveis como a gasolina, nos motores à combustão, fornece a energia essencial para o funcionamento de veículos como carros e motos. Considerando uma gasolina na condição padrão (25°C e 1 atm), composta apenas por n-octano (C_8H_{18}) e que a sua combustão seja completa (formação exclusiva de CO_2 e H_2O gasosos como produtos), são feitas as seguintes afirmativas:

Dados:

Massas Atômicas		
C	H	O
12 u	1 u	16 u

Entalpias de formação (ΔH_f°)		
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{l})$
- 242 kJ/mol	- 394 kJ/mol	- 250 kJ/mol

- I. a combustão da gasolina (C_8H_{18}) é uma reação exotérmica;
II. na combustão completa de 1 mol de gasolina, são liberados 16 mols de gás carbônico (CO_2);
III. a entalpia de combustão (calor de combustão) dessa gasolina é - 5080 kJ/mol ($\Delta H_c = - 5080 \text{ kJ/mol}$);
IV. o calor liberado na combustão de 57 g de gasolina é de 1270 kJ.

Das afirmativas apresentadas estão corretas apenas a

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

Importante

O calor ou a entalpia de combustão (ΔH_c°) é bastante útil para fazermos comparações entre diferentes combustíveis:

- ▶ **Combustível mais poluente:** aquele que produz maior quantidade de CO_2 pela mesma quantidade de energia produzida;
- ▶ **Combustível mais econômico:** aquele que produz mais energia por litro queimado (desde que os combustíveis sejam considerados com o mesmo preço). Nesse caso, pode ser considerado também o combustível que tiver a menor massa consumida produzindo a mesma quantidade de energia.

CALOR OU ENTPALPIA DE NEUTRALIZAÇÃO

Corresponde ao ΔH exotérmico de uma reação ácido-base conhecida como neutralização, na qual se forma 1 mol de água. Além disso, é válido saber que o máximo de energia liberada nessas reações é dado pela união de ácido forte com base forte.



– Exemplo:



CALOR OU ENTPALPIA 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:



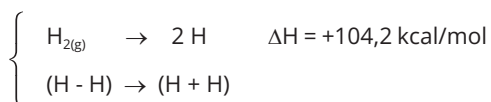
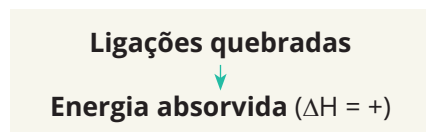
Determinação da variação de entalpia (ΔH)

Além da maneira já estudada ($\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$), a variação de entalpia pode ser determinada de outras formas. Vejamos:

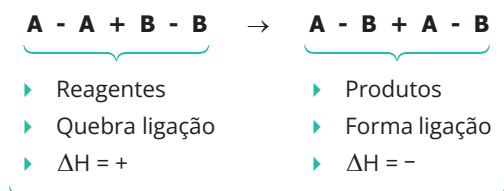


ENERGIA DE LIGAÇÃO

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



Determinando o ΔH de uma reação:



$\Delta H =$ soma dos valores considerando o sinal dos ΔH 's

LEI DE HESS OU LEI DOS ESTADOS INICIAL E FINAL

A variação de entalpia envolvida numa reação química, sob determinadas condições experimentais, depende exclusivamente da entalpia inicial dos reagentes e da entalpia final dos produtos, seja a reação executada numa única etapa, seja em várias etapas sucessivas.

Em outras palavras, o valor de ΔH de um processo não depende do número de etapas intermediárias nem do tipo de reação que ocorre em cada etapa do processo.

APOIO AO TEXTO

3. Considere as equações termoquímicas apresentadas a seguir:

- I. $\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 43,9 \text{ kJ} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$
- II. $\text{C}_{(\text{s})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} \quad \Delta H = -393 \text{ kJ/mol}$
- III. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{l})} + 3 \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2 \text{CO}_{2(\text{g})} + 3 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} + 1.366 \text{ kJ}$
- IV. $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + \frac{1}{2} \text{O}_{2(\text{g})} \quad \Delta H = +242 \text{ kJ/mol}$
- V. $436 \text{ kJ} + \text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{H}_{(\text{g})}$

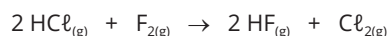
São processos exotérmicos:

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

4. Foi medido em um calorímetro que um mol de etanol (46 g/mol) produz $3,6 \cdot 10^2$ kcal. Sabendo-se que a densidade desse álcool é de $0,782 \text{ g/cm}^3$, na combustão de 100 mL de etanol serão produzidas:

- a) $612 \cdot 10^3$ cal.
- b) $281,5 \cdot 10^2$ kcal.
- c) $612 \cdot 10^2$ kcal.
- d) $782 \cdot 10^3$ cal.
- e) $612 \cdot 10^3$ kcal.

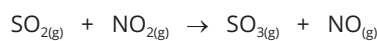
5. São dadas as seguintes energias de ligação em kJ/mol: H - Cl: 431,8; H - F: 563,2; Cl - Cl: 242,6 e F - F: 153,1. Com os dados é possível prever que a reação:



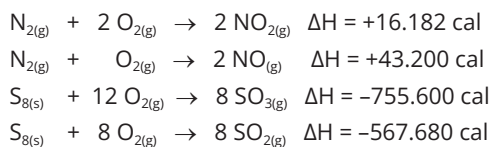
teria ΔH , em kJ, da ordem de:

- a) -585,9
- b) -352,3
- c) -220,9
- d) +220,9
- e) +352,3

6. Calcule o ΔH da reação:

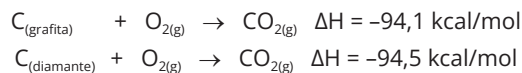


Dadas as seguintes reações a 25 °C e 1 atm.



- a) -9.981 cal.
- b) +9.981 cal.
- c) -151.901 cal.
- d) +151.901 cal.
- e) -6.201 cal.

7. Um indivíduo queria transformar grafita em diamante e sabia que:



A quantidade de calor em quilocalorias para efetuar a transformação de 2,4 kg de grafita em diamante é:

- a) 80
- b) 0,8
- c) 8
- d) 0,5
- e) 95,5





» Radioatividade

• Radioatividade e reações nucleares

Conceitos fundamentais

Radioatividade é a propriedade que os núcleos instáveis possuem de emitir partículas ou radiações, transformando-se em outros núcleos estáveis.

Neste momento, estudaremos um tipo diferente de relação entre energia e química. Trata-se do poder energético do núcleo dos átomos, por isso, denominamos esse assunto de química nuclear.

O estudo da radioatividade está diretamente ligado à análise de núcleos instáveis. Esses átomos instáveis são denominados isótopos radioativos ou radioisótopos.

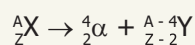
Para início, é importante sabermos que todos os conceitos iniciais estão relacionados às emissões originadas no núcleo. Essas emissões são: α , β e γ .



Documentário Luz Branca/chuva negra: a destruição de Hiroshima e Nagasaki

Emissões α **(1ª LEI DA RADIOATIVIDADE OU LEI DE SODDY)**

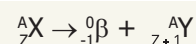
Corresponde à emissão de uma partícula formada por 2 prótons (p^+) e 2 nêutrons (n), identificada por ${}^4_2\alpha$. É importante ressaltar que as partículas alfa (α) são carregadas positivamente.



- Exemplo: ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^4_2\alpha + {}^{234}_{90}\text{Th}$

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: ($n \rightarrow p^+ + \beta_{(e^-)} + \text{neutrino}$).



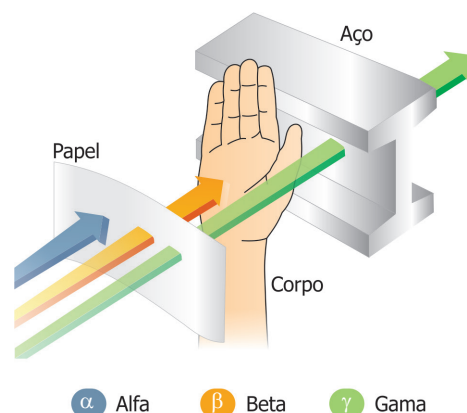
- Exemplo: ${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^0_{-1}\beta + {}^{137}_{56}\text{Ba}$

Note que os átomos de Cs e Ba são isóbaros.

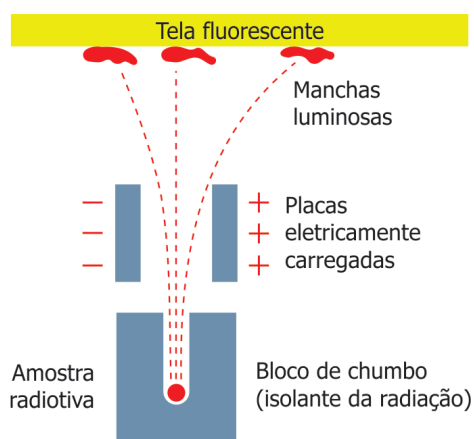
Emissões γ

Na realidade, as emissões γ não são partículas, mas, sim, ondas eletromagnéticas semelhantes à luz. Entretanto, por terem comprimento de onda muito pequeno, 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:



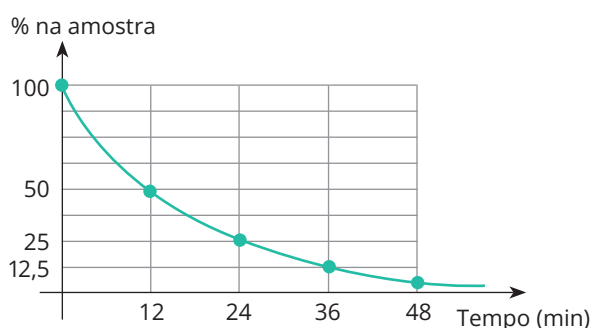
Caso o feixe de uma fonte emissora de radiações α , β e γ seja dirigido em um campo elétrico, as partículas α sofrerão um leve desvio no sentido da placa carregada negativamente, uma vez que esse tipo de partícula é positiva. Já as partículas β serão atraídas para a placa carregada positivamente, e o desvio será maior em relação à partícula α , pois as partículas β são negativas e possuem massa muito menor que as partículas α . Já as radiações γ não sofrem desvio, uma vez que são isentas de massa e carga.



Outro ponto importante sobre esse assunto é que a radioatividade natural ocorrerá, em geral, com átomos mais pesados que Pb, embora existam radioisótopos naturais mais leves, como ^3H , ^{14}C , ^{19}K , por exemplo. Além disso, artificialmente, podem-se produzir radioisótopos de todos os outros elementos da tabela periódica.

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.

Para realizar a datação de fósseis por carbono-14 (datação radiométrica), por exemplo, utiliza-se o tempo de meia-vida desse radioisótopo (aproximadamente 5.730 anos). Enquanto o animal ou o vegetal estiver vivo, a proporção entre carbono-14 e carbono-12 permanece pra-

ticamente constante. Quando o ser vivo morre, o carbono-14 continuará seu decaimento radioativo, diminuindo a sua proporção em relação ao carbono-12. A cada 5.730 anos, a quantidade de carbono-14 cairá pela metade. Por meio dessas informações, é possível determinar em que ano o ser vivo morreu.

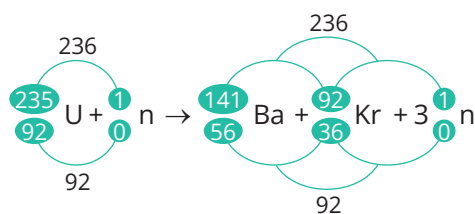


Allosaurus fragilis.

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 a partir 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.

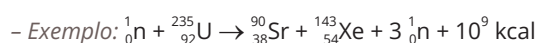
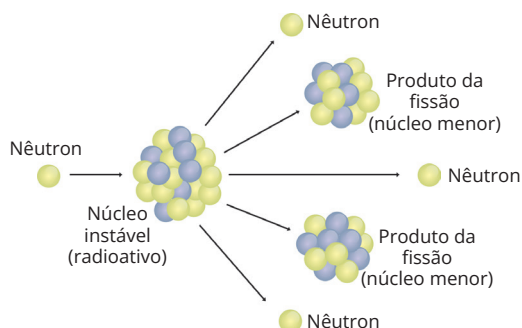
Para tanto, veremos os dois principais tipos de reações nucleares:

Anotações:



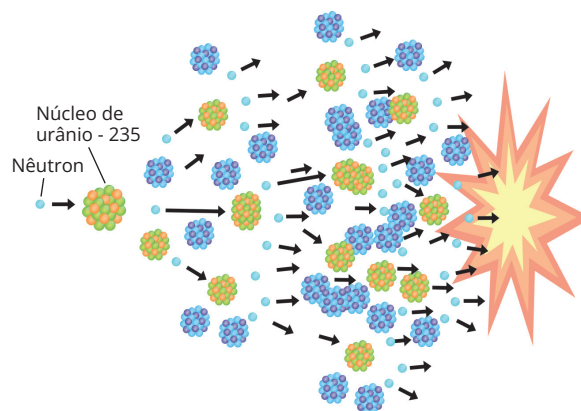
Fissão nuclear

Consiste em uma reação nuclear em que se bombardeiam núcleos grandes e instáveis com partículas denominadas nêutrons (1_0n). Esses núcleos sofrerão uma fissura e se dividirão em dois ou mais núcleos menores, conforme mostra a figura abaixo:



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 ocorre, por exemplo, em uma bomba atômica.



Reação em cadeia.

OBSERVAÇÕES SOBRE FISSÕES

- ▶ **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.

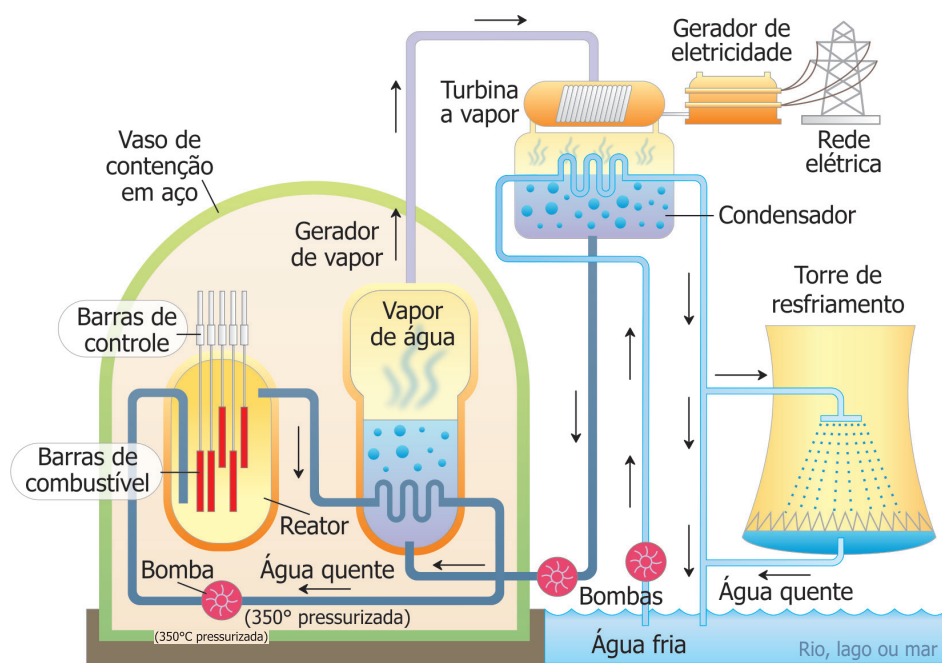
A energia liberada por uma bomba atômica é comumente medida em quilotons. O poder destrutivo de 1 quiloton é igual a 1.000 toneladas de TNT.

- 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.



Esquema de funcionamento de uma usina nuclear.



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

- ▶ **prós:** baixa emissão de gases de efeito estufa, independência de condições meteorológicas;
- ▶ **contras:** destinação do lixo radioativo gerado pelas usinas nucleares, problemas que podem ocorrer em um eventual acidente.



Three Mile Island, estação de geração nuclear, que sofreu um colapso parcial em 1979. Os reatores estão nas cúpulas menores, com topos arredondados (as chaminés grandes são apenas torres de resfriamento).

Principais acidentes com usinas nucleares:

- ▶ 28 de março de 1979 - Three Mile Island (Estados Unidos);
- ▶ 26 de abril de 1986 - Chernobil (Ucrânia);
- ▶ 12 de março de 2011 - Fukushima (Japão).



Acidente de Fukushima, em 2011.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Práticas sustentáveis

Lixo atômico

Um dos problemas da produção de energia elétrica a partir da energia nuclear é que os rejeitos do processo de uma usina nuclear ainda são radioativos, constituindo-se, dessa forma, como uma das principais fontes de lixo atômico (resíduo radioativo). Além das usinas nucleares, são fontes de lixo atômico os resíduos gerados durante a produção de armas nucleares e também das aplicações de substâncias radioativas na medicina, por exemplo, na radioterapia.



O lixo atômico produzido é estocado por muitos anos para que sofra processos de desintegração até que apresente níveis aceitáveis de radioatividade. Os resíduos radioativos são armazenados de forma adequada em locais seguros para que não haja contaminação de seres vivos, objetos, águas e solos.

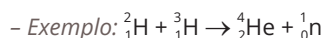
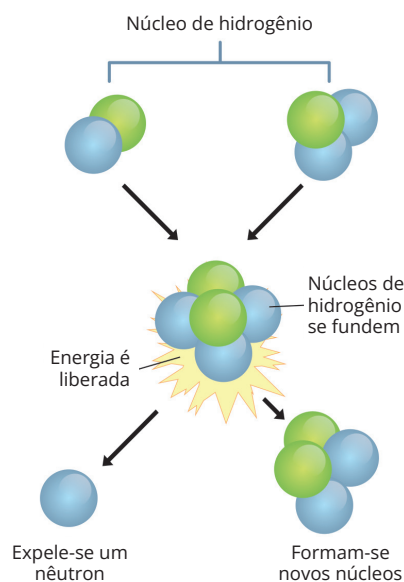
Anotações:



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.



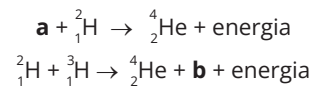
OBSERVAÇÃO SOBRE FUSÃO

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

Anotações:

APOIO AO TEXTO

1. (UPF) No último dia 9 de agosto, o Japão lembrou os 71 anos do bombardeio de Nagasaki. Uma fusão nuclear consiste na união de dois núcleos atômicos, com grande liberação de energia. A seguir, apresentam-se representações de duas equações de fusão nuclear.



Assinale a alternativa que informa corretamente o que representam **a** e **b**, respectivamente:

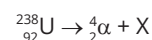
- a) Partícula alfa e nêutron.
- b) Núcleo de deutério e nêutron.
- c) Núcleo de hidrogênio e próton.
- d) Núcleo de deutério e neutrino.
- e) Nêutron e fóton.

2. (UPF) As sondas espaciais norte-americanas Voyager 1 e 2, lançadas em 1977, foram enviadas para estudo dos planetas mais periféricos do sistema solar e, posteriormente, do espaço interestelar. Um fato curioso é a presença, nas sondas, de um disco de cobre revestido com ouro que possui informações sobre a humanidade e o planeta Terra. Projetado pelo astrofísico Carl Sagan, o disco tem, na camada externa, uma fonte ultrapura de átomos de urânio (U-238). O constante decaimento do urânio torna-o uma espécie de relógio radioativo, sendo que metade do U-238 decairá em 4,51 bilhões de anos.



Imagem da capa dos discos das Voyagers [em inglês, Voyager Golden Record]. Disponível em: <https://voyager.jpl.nasa.gov/golden-record/golden-record-cover/>. Adaptado. Acesso em: 15 abr. 2019.

Levando-se em consideração a equação que representa o decaimento radioativo do U-238:



Indique a alternativa que representa o átomo filho X:

- a) ${}^{234}\text{Th}$
- b) ${}^{242}\text{Pu}$
- c) ${}^{231}\text{Th}_{90}$
- d) ${}^{236}\text{Pu}_{94}$
- e) ${}^{236}\text{U}_{90}$

94

92



3. (UPF 2023) As autoridades de vigilância sanitária e de segurança alimentar de 37 países já aprovaram a irradiação de 40 tipos distintos de alimentos, os quais englobam especiarias, grãos, carnes, frutos e legumes, sendo que 24 desses países utilizam-na para fins comerciais. Na preservação de alimentos, a irradiação tem se mostrado como uma ferramenta eficaz para aumentar significativamente a vida útil dos alimentos, reduzir perdas, garantir a segurança alimentar e aumentar a oferta do alimento ao consumidor. A irradiação elimina (ou inativa) larvas de insetos, parasitas, fungos e bactérias presentes nos alimentos, os quais poderiam transmitir doenças. Além disso, ela permite inibir ou retardar alguns processos fisiológicos, como o brotamento e o amadurecimento. Por sua eficácia e segurança, o processo também é recomendado sem restrições pela OMS (Organização Mundial de Saúde) e pela FAO (Organização para Alimentos e Agricultura das Nações Unidas).

Fonte: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/irradiacao>. Acesso em 22 set. 2022

O cobalto-60, utilizado em irradiação de alimentos, ao emitir uma partícula β , transforma-se em:

- Co-61
- Ni-61
- Ni-60
- Co-59
- Fe-60

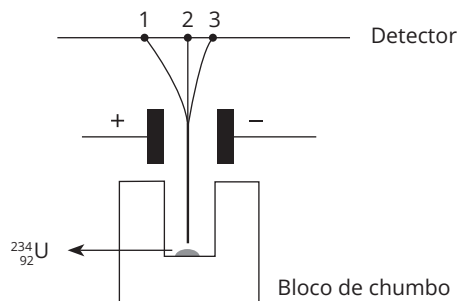
4. (UPF 2021) Em 05 de abril de 2020, a Ucrânia anunciou um aumento da radioatividade devido ao incêndio florestal que atingia a zona de exclusão localizada num raio de 30 km da central nuclear de Chernobyl, onde ocorreu, em 1986, o maior acidente radioativo da História. "Há radioatividade superior à normal no coração do incêndio", indicou Egor Firsov, que lidera o serviço de inspeção ambiental. Ele acompanhou sua mensagem com um vídeo que apresenta um contador Geiger exibindo um nível de radioatividade 16 vezes mais alto do que o normal. As chamas se propagaram por mais de 100 hectares no setor florestal situado em torno da central nuclear, a cerca de 100 quilômetros da capital, Kiev.

Fontes: <https://exame.abril.com.br/mundo/incendio-florestal-perto-de-chernobyl-provoca-aumento-da-radioatividade/> e IUPAC, Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book"). Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1351/goldbook>.

A radioatividade de uma substância elementar pode ser medida através de sua meia-vida. Se uma amostra de 16 g de césio de massa atômica 137 Da ou u, (Cs-137), após 90 anos, se reduz a 2 g desse radioisótopo, qual o período de meia-vida atribuído ao Cs-137?

- 15 anos
- 8 anos
- 30 anos
- 11,25 anos
- 60 anos

5. A natureza das radiações emitidas pela desintegração espontânea do urânio $^{234}_{92}\text{U}$ é representada na figura abaixo. A radiação emitida pelo urânio $^{234}_{92}\text{U}$ é direcionada pela abertura do bloco de chumbo e passa entre duas placas eletricamente carregadas, o feixe se divide em três outros feixes que atingem o detector nos pontos 1, 2 e 3. O tempo de meia vida do urânio $^{234}_{92}\text{U}$ é 245.000 anos. Sobre a radioatividade, assinale o que for correto.



01. A radiação que atinge o ponto 1 é a radiação β (beta), que são elétrons emitidos por um núcleo de um átomo instável.

02. A radiação γ (gama) é composta por ondas eletromagnéticas que não sofrem desvios pelo campo elétrico e, por isso, elas atingem o detector no ponto 2.

04. A massa de 100 g de urânio $^{234}_{92}\text{U}$ leva 490.000 anos para reduzir a 25 g.

08. A radiação α (alfa) é composta de núcleos do átomo de hélio (2 prótons e 2 nêutrons).

16. O decaimento radioativo do urânio $^{234}_{92}\text{U}$ através da emissão de uma partícula α (alfa) produz átomos de tório 230 ($Z = 90$).





» Eletroquímica

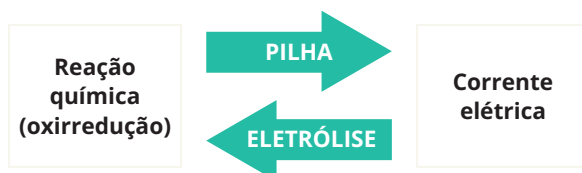
Foi no final do ano de 1799 que o italiano Alessandro Volta inventou a pilha. Esse ano ficou conhecido como o ano do nascimento da eletroquímica.

A eletroquímica estuda as reações em que a energia química se converte em energia elétrica, ou que a energia elétrica se converte em energia química. No seu dia a dia, as pilhas (alcalinas, bateria do automóvel etc.) estão presentes, entre outros fenômenos eletroquímicos, como os processos de douração (cromagem de peças metálicas), a produção de metais etc.

Esses processos eletroquímicos envolvem **reações de oxirredução**. Durante a ocorrência dessas reações, acontece a transferência de elétrons entre as espécies químicas, acarretando uma mudança no número de oxidação (N_{ox}) dos átomos. Sendo assim, para conhecermos um pouco mais sobre as reações de oxirredução, é necessário que saibamos determinar o número de oxidação dos átomos.

Conhecendo as reações de oxirredução (redox) e sabendo como analisá-las, voltemos, então, a discutir os processos eletroquímicos.

Uma pilha é um aparelho em que ocorre a transformação de energia química em energia elétrica. A eletrólise é um processo inverso, que separa os elementos químicos de um composto por meio do uso da eletricidade.

**Importante**

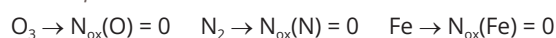
- ▶ Na **pilha**, a reação de oxirredução ocorre espontaneamente.
- ▶ Na **eletrólise**, a reação de oxirredução é um processo não espontâneo.

Anotações:

Substâncias simples

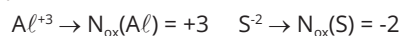
$$N_{ox} = \text{ZERO}$$

- Exemplos:

**Íons simples**

$$N_{ox} = \text{CARGA}$$

- Exemplos:

**Substâncias compostas e íons complexos**

▶ **Regra:**

1º. Elementos do grupo 1 (Alcalinos - Li, Na, K, Rb, Cs, Fr)

$$N_{ox} = +1$$

2º. Elementos do grupo 2 (Alcalino-terrosos - Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra)

$$N_{ox} = +2$$

3º. Elementos

Elemento	Ag	Zn	Al	G. 16	G. 17
$N_{ox} =$	+1	+2	+3	-2	-1

4º. Hidrogênio

$$N_{ox} = +1 \quad \text{Exceção: nos hidretos, } N_{ox} = -1$$

5º. Oxigênio

$$N_{ox} = -2 \quad \text{Exceção: nos peróxidos, } N_{ox} = -1$$



• Pilhas

Uma pilha é uma cela eletroquímica ou célula galvânica, na qual ocorrem reações químicas de oxirredução espontâneas que produzem corrente elétrica.

Termos importantes para eletroquímica

ELETRODO

Barra de um material condutor de eletricidade que estará mergulhada em uma solução eletrolítica (solução condutora de eletricidade).

SEMICELA

O conjunto de um eletrodo dentro de uma solução eletrolítica forma uma semicela. Dentro de cada semicela, ocorrerá um caso de semirreação.

CELA ELETROQUÍMICA

É formada pela união de duas semicelas, que, juntas, dão origem a uma reação de oxirredução, formando a **pilha** propriamente dita.

Observação: Na eletrólise, assunto que estudaremos mais adiante, o conjunto que lhe dá origem será denominado **célula eletrolítica**.

DOIS TIPOS DE ELETRODOS

Como visto, serão necessários dois tipos de eletrodos para formar uma pilha, são eles:

ÂNODO → oxidação → polo negativo

CÁTODO → redução → polo positivo

Observação: É válido sabermos que o fluxo de elétrons na pilha sempre ocorrerá do ânodo para o cátodo.

PONTE SALINA OU MEMBRANA SEMIPERMEÁVEL

Qualquer uma das duas tem por função proporcionar o equilíbrio iônico entre as soluções eletrolíticas das semicelas.

////////// APOIO AO TEXTO //////////

1. A bateria de automóveis possui dois tipos de eletrodos (de PbO_2 e de Pb^0), mantidos em solução aquosa de ácido sulfúrico, $\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$.

A equação correspondente à reação envolvida na geração de energia é:

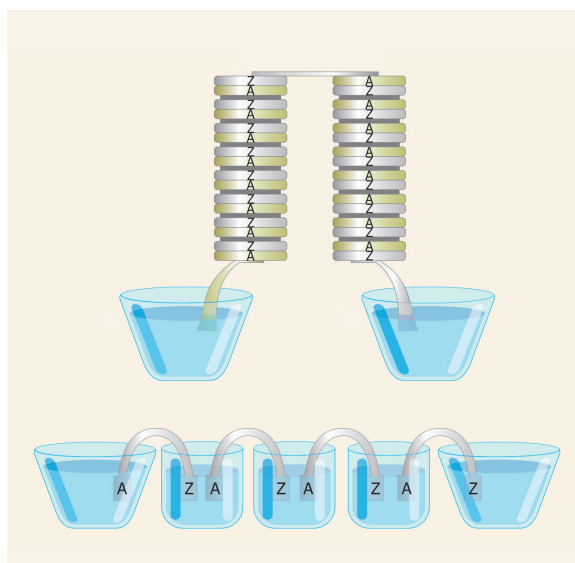


Julgue em verdadeiro (V) ou falso (F) os itens abaixo:

- () Nos eletrodos de PbO_2 ocorre oxidação.
- () O elemento chumbo sofre oxidação nos eletrodos de Pb^0 e redução nos eletrodos de PbO_2 .
- () O estado de oxidação do chumbo no PbO_2 é +4.
- () Nos eletrodos de Pb^0 há perda de elétrons.

Pilha de Volta

A Pilha de Volta era constituída por uma “pilha” de placas metálicas de Zn (zinco) e Ag (prata) entremeadas por feltro embebido em salmoura.



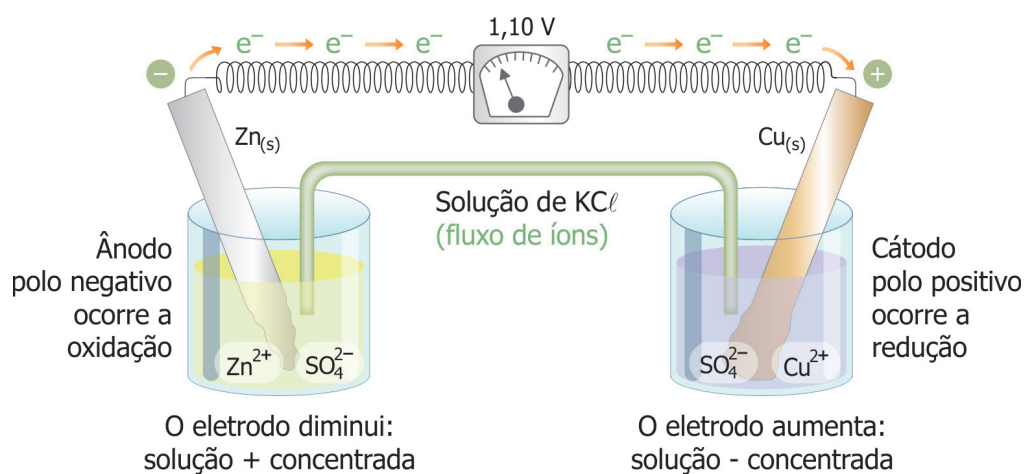
Anotações:



Pilha de Daniell

Trata-se de uma célula eletroquímica formada por duas semicelas, em uma das quais se encontra o ânodo de zinco. Neste, ocorre a semirreação de oxidação, e, na outra, tem-se o cátodo de cobre, no qual ocorre a redução.

Vejam os a seguir:



Vídeo As pilhas eletroquímicas

Anotações:

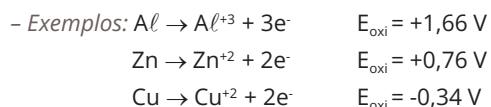
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Potenciais padrão (E°)

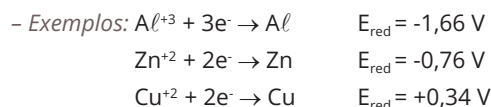
De acordo com o que estudamos, para predizermos quem oxida e quem reduz em uma pilha, podemos utilizar a fila de eletropositividade já vista ou os potenciais padrão dos elementos, se estes forem fornecidos na questão.

Os potenciais são valores numéricos medidos em volts (V), que indicam a capacidade que um determinado elemento tem de sofrer oxidação ou redução. Por isso, devemos saber que todos os elementos terão dois tipos de potenciais:

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



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



Com base nesses dados, podemos perceber que, para um mesmo elemento, quanto maior for seu $E^{\circ}_{\text{oxidação}}$ tanto menor será seu $E^{\circ}_{\text{redução}}$.



Série eletroquímica

Potencial de oxidação em volts		Potenciais padrão de eletrodo			Potencial de redução (E°) em volts			
				Redutores				
Aumento da força oxidante	+3,04	e ⁻	+	Li ⁺	⇌	Li	-3,04	
	+2,92	e ⁻	+	K ⁺	⇌	K	-2,92	
	+2,90	2e ⁻	+	Ba ²⁺	⇌	Ba	-2,90	
	+2,87	2e ⁻	+	Ca ²⁺	⇌	Ca	-2,87	
	+2,71	e ⁻	+	Na ⁺	⇌	Na	-2,71	
	+2,36	2e ⁻	+	Mg ²⁺	⇌	Mg	-2,36	
	+1,66	3e ⁻	+	Al ³⁺	⇌	Al	-1,66	
	+1,18	2e ⁻	+	Mn ²⁺	⇌	Mn	-1,18	
	+0,76	2e ⁻	+	Zn ²⁺	⇌	Zn	-0,76	
	+0,74	3e ⁻	+	Cr ³⁺	⇌	Cr	-0,74	
	+0,48	2e ⁻	+	S	⇌	S ²⁻	-0,48	
	+0,44	2e ⁻	+	Fe ²⁺	⇌	Fe	-0,44	
	+0,41	e ⁻	+	Cr ³⁺	⇌	Cr ²⁺	-0,41	
	+0,28	2e ⁻	+	Co ²⁺	⇌	Co	-0,28	
	+0,25	2e ⁻	+	Ni ²⁺	⇌	Ni	-0,25	
	+0,14	2e ⁻	+	Sn ²⁺	⇌	Sn	-0,14	
	+0,13	2e ⁻	+	Pb ²⁺	⇌	Pb	-0,13	
		0,00	2e ⁻	+	2 H ⁺	⇌	H ₂	0,00
	Aumento da força redutora	-0,14	2e ⁻	+	2 H ⁺ + S	⇌	H ₂ S	+0,14
-0,15		2e ⁻	+	Sn ⁴⁺	⇌	Sn ²⁺	+0,15	
-0,34		2e ⁻	+	Cu ²⁺	⇌	Cu	+0,34	
-0,40		2e ⁻	+	H ₂ O + 1/2 O ₂	⇌	2 OH ⁻	+0,40	
-0,52		e ⁻	+	Cu ⁺	⇌	Cu	+0,52	
-0,54		2e ⁻	+	I ₂	⇌	2 I ⁻	+0,54	
-0,68		2e ⁻	+	2 H ⁺ + O ₂	⇌	H ₂ O ₂	+0,68	
-0,77		e ⁻	+	Fe ³⁺	⇌	Fe ²⁺	+0,77	
-0,80		e ⁻	+	Ag ⁺	⇌	Ag	+0,80	
-0,80		2e ⁻	+	4 H ⁺ + 2 NO ₃ ⁻	⇌	2 H ₂ O + 2 NO ₂	+0,80	
-0,85		2e ⁻	+	Hg ²⁺	⇌	Hg	+0,85	
-0,96		3e ⁻	+	4 H ⁺ + NO ₃ ⁻	⇌	2 H ₂ O + NO	+0,96	
-1,07		2e ⁻	+	Br ₂	⇌	2 Br ⁻	+1,07	
-1,33		6e ⁻	+	14 H ⁺ + CrO ₇ ²⁻	⇌	2 Cr ³⁺ + 7 H ₂ O	+1,33	
-1,36	2e ⁻	+	Cl ₂	⇌	2 Cl ⁻	+1,36		
-1,50	3e ⁻	+	Au ³⁺	⇌	Au	+1,50		
-1,51	5e ⁻	+	8 H ⁺ + MnO ₄ ⁻	⇌	Mn ²⁺ + 4 H ₂ O	+1,51		
-1,78	2e ⁻	+	2 H ⁺ + H ₂ O ₂	⇌	2 H ₂ O	+1,78		
-2,87	2e ⁻	+	F ₂	⇌	2 F ⁻	+2,87		
				Oxidantes				

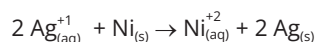
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Anotações:



////// APOIO AO TEXTO ////

2. Na célula eletroquímica, representada pela equação global,



é correto afirmar que:

- os elétrons fluem, pelo circuito externo, da prata para o níquel.
- a solução de níquel irá diluindo-se.
- há desgaste do eletrodo de prata.
- a prata sofre redução.
- o níquel é o cátodo.

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

Agora que já sabemos como proceder com os potenciais dos elementos, temos embasamento suficiente para calcular o potencial ou a força eletromotriz (fem) que a pilha possui a fim de gerar corrente elétrica.

Para esse cálculo, basta analisarmos as semirreações dadas para formar a pilha e aplicarmos uma das seguintes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{ddp} &= E^\circ_{\text{oxi(MAIOR)}} - E^\circ_{\text{oxi(MENOR)}} \\ &\text{ou} \\ \text{ddp} &= E^\circ_{\text{red(MAIOR)}} - E^\circ_{\text{red(MENOR)}} \end{aligned}$$

– Exemplo resolvido:

Qual a ddp da pilha de Daniell formada pelas semirreações abaixo?



► Resolução:

1°. Como as duas semirreações estão no sentido da redução, então, pela segunda fórmula sugerida:

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

2°. Portanto, seguindo essa fórmula, aplica-se:

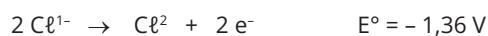
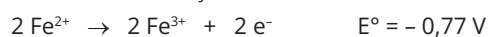
$$\text{ddp} = +0,34 \text{ V}_{(\text{MAIOR})} - (-0,76 \text{ V})_{(\text{MENOR})}$$

$$\text{ddp} = +0,34 \text{ V} + 0,76 \text{ V}$$

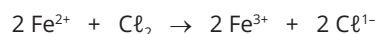
$$\text{ddp} = +1,10 \text{ V}$$

////// APOIO AO TEXTO ////

3. Dadas as semirreações:



calcule o potencial da reação abaixo e diga se ela é espontânea ou não, assinalado a opção correta:



- 0,59 V; a reação não é espontânea.
- +0,59 V; a reação não é espontânea.
- +0,59 V; a reação é espontânea.
- 2,13 V; a reação não é espontânea.
- +2,13 V; a reação é espontânea.

Equação global da pilha

Conhecendo as semirreações da pilha e seus potenciais, podemos determinar a equação global da pilha, que representa a reação de oxirredução resumida da pilha.

– Exemplo resolvido:

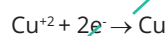
Qual a equação global da pilha formada pelas semirreações abaixo?



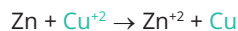
► Resolução:

1°. Comparando 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 a do cobre deve ser invertida, já que este deverá sofrer a redução.

Assim, temos:



2°. Após o corte dos elétrons, somam-se os componentes que sobram antes e depois da flecha. Essa soma dá origem à **equação global** seguinte:



////// APOIO AO TEXTO ////

4. Considere as semirreações abaixo:



Monte a equação global da pilha formada por essas semirreações.



Aplicação do cotidiano

NOTAÇÃO DA PILHA

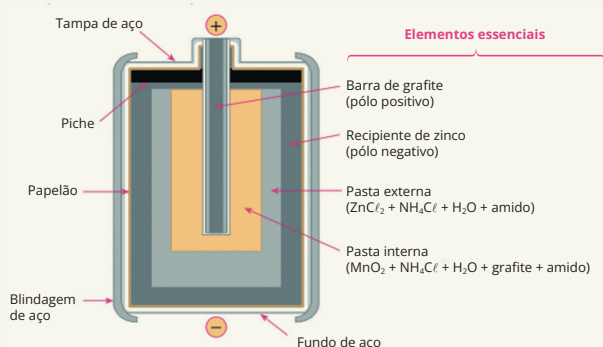
A notação da pilha é uma forma ainda mais resumida de representar a oxirredução responsável pelo funcionamento da pilha. Nessa notação, não há sequer a necessidade de apresentar o balanceamento da equação. Vejamos o esquema geral da notação:



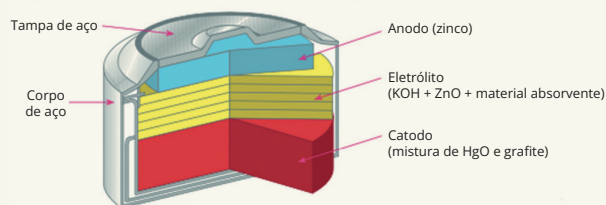
– Exemplo:

Na pilha representada por $Al^0/Al^{+3}/Fe^{+2}/Fe^0$, dizemos que o alumínio está sendo oxidado. Assim, esse eletrodo corresponde ao ânodo. Já o ferro está sendo reduzido, por isso pode-se afirmar que o eletrodo de ferro corresponde ao cátodo.

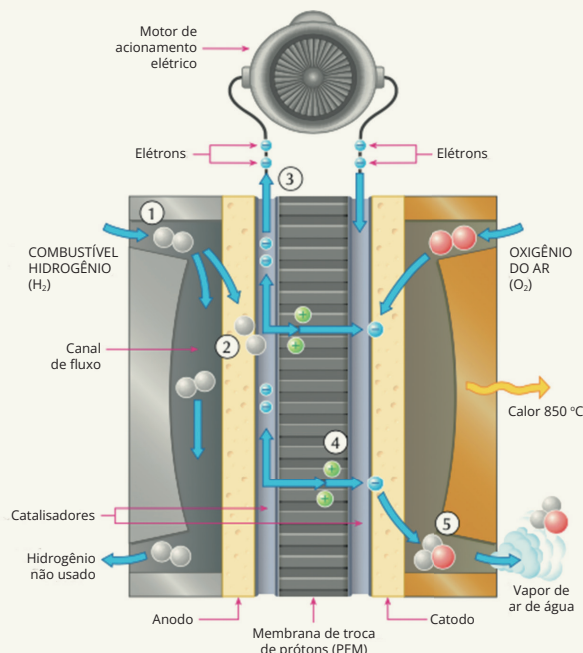
Pilha de Le Clanché



Pilha de Mercúrio



Pilha a combustível ou pilha de Hidrogênio



Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

• Eletrólise

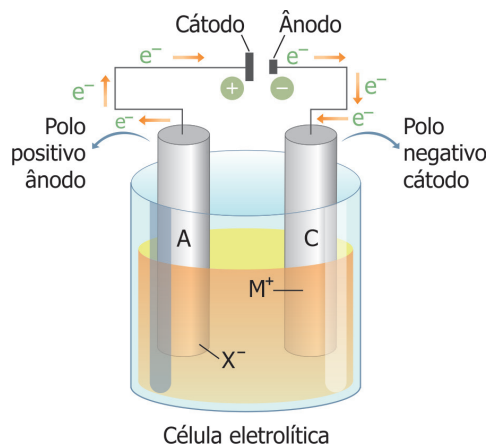
É uma reação de oxirredução **não espontânea**, que consiste na decomposição de uma substância utilizando a corrente elétrica. A eletrólise converte energia elétrica em energia química.

Importante

Quando se usa um gerador (pilha) para produzir corrente elétrica, ele faz com que os elétrons saiam do **polo +** de uma placa e sigam para o **polo -** da outra placa.



Vídeo Eletrólise ígnea do NaCl



Eletródos na eletrólise

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| ▶ Ânodo | ▶ Cátodo |
| ▶ Ocorre oxidação | ▶ Ocorre redução |
| ▶ POSITIVO (+) | ▶ NEGATIVO (-) |

A ELETRÓLISE PODE SER FEITA DE DUAS MANEIRAS

- ▶ **Eletrólise ígnea:** é a eletrólise com o material fundido sem água.
- ▶ **Eletrólise aquosa:** é a eletrólise em que a água provoca a dissociação de compostos iônicos.

Eletrólise ígnea (sem água)

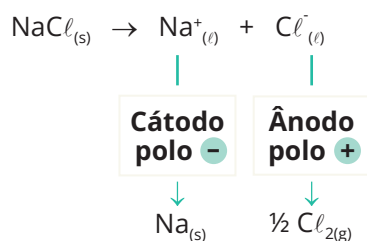
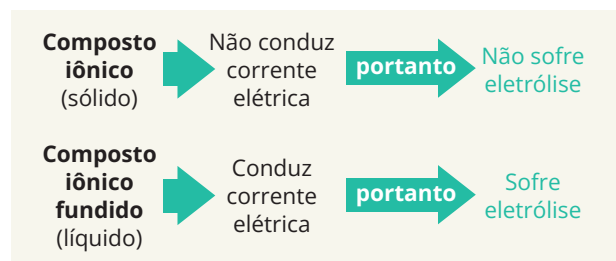
A grande maioria dos metais não existe isolada na natureza, é encontrada nos minérios.

A eletrólise ígnea é o processo de obtenção dos metais alcalinos, alcalino-terrosos e alumínio, pois esses cátions não descarregam em solução aquosa.

A substância é submetida a uma fusão para dissociar seus íons.

- Exemplo: Eletrólise ígnea do cloreto de sódio (NaCl).

O NaCl é um composto iônico, por isso, é preciso saber:

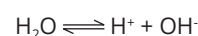


No cátodo, descarregou o sódio (Na), enquanto, no ânodo, descarregou o cloro (Cl₂) gasoso.

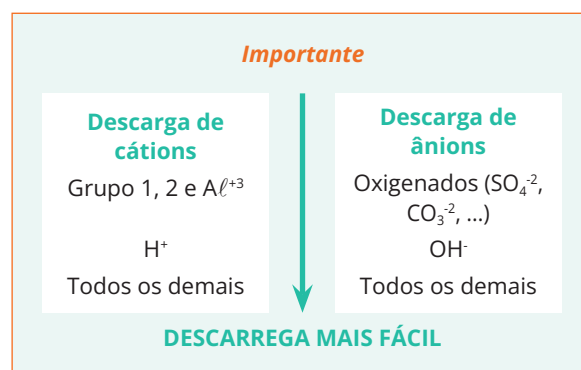
Eletrólise aquosa (com água)

A substância é dissolvida em água para dissociar seus íons.

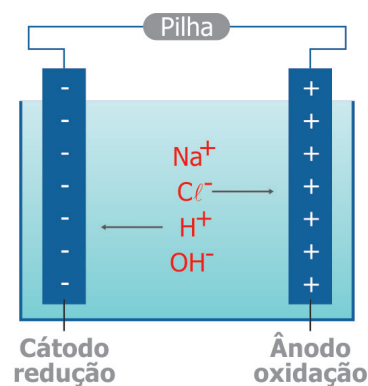
A água sofre um processo de autoionização:



Logo, os íons provenientes do soluto irão competir com os íons H⁺ e OH⁻, que são provenientes da água.



- Exemplo: Eletrólise aquosa do cloreto de sódio (NaCl).



Anotações:



Observação: Podemos pensar que o objetivo dos íons é saírem neutros nas placas.

Percebemos, então:

- ▶ No ânodo (+): $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$
- ▶ No cátodo (-): $2 \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- ▶ Na solução: $\text{Na}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NaOH}$

Observação: Essa eletrólise é feita com eletrodos inertes.

Sobram no recipiente os íons Na^+ e OH^- que não sofreram eletrólise. Esses íons formam o hidróxido de sódio (NaOH), importante substância que é obtida pela eletrólise aquosa do NaCl .

////// APOIO AO TEXTO ////

5. Com relação à eletrólise do NaCl , em solução aquosa, quantas das seguintes afirmações estão corretas?

- Durante a eletrólise, o pH vai aumentando.
- No cátodo (polo negativo) há formação de $\text{Na}_{(s)}$.
- No ânodo (polo positivo), há desprendimento de cloro gasoso $\text{Cl}_{2(g)}$.
- Se for adicionada fenolftaleína na solução inicial, haverá mudança, durante a eletrólise, de incolor para vermelho.

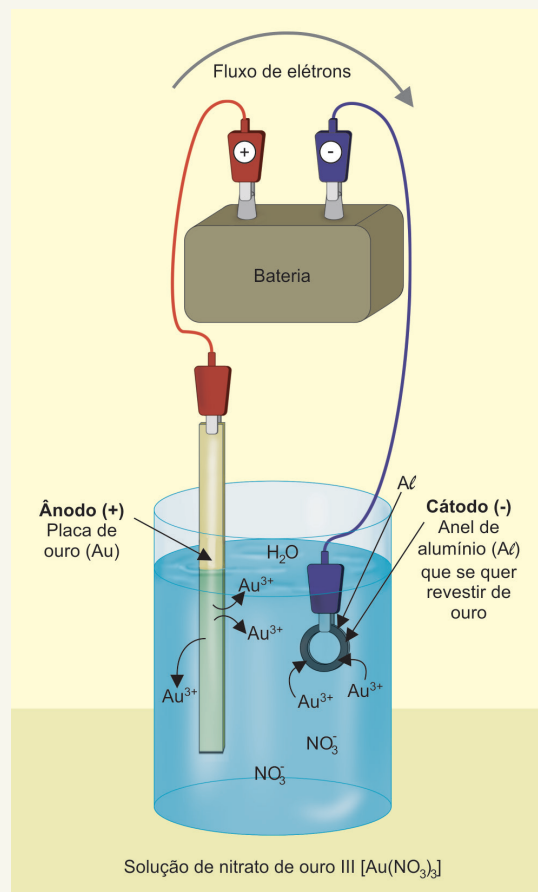
- 4.
- 3.
- 2.
- 1.
- 0.

Anotações:

Aplicação no cotidiano

PEÇAS BANHADAS A OURO: A TÉCNICA DA GALVANOPLASTIA OU ELEKTRODEPOSIÇÃO

Muitas vezes ouvimos falar que determinada peça metálica é “banhada a ouro”. Isso significa que houve um revestimento dela com o metal nobre. O procedimento ocorre a partir de uma eletrólise aquosa de um sal de ouro em que o cátodo (eletrodo negativo) consiste na peça a ser revestida, de acordo com o esquema abaixo.



A mesma técnica pode ser utilizada para revestir uma peça com outros metais, sendo os procedimentos mais conhecidos a niquelação (revestimento com níquel), a cromação (revestimento com cromo) e a pratação (revestimento com prata). No caso do ouro, a técnica é chamada de douração.



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:

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

Em que:

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:

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

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: $\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$), durante 5 minutos, sob uma corrente de 5 A?

▶ Resolução:

1°. Calcular a carga elétrica "Q" correspondente à corrente e ao intervalo de tempo (em segundos) mencionados.

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

2°. Sabendo que cada mol de e^- possui uma carga de 96.500 C, consideramos:

$$\begin{aligned} \text{Zn}^{2+} + 2e^- & \text{ --- } 1 \text{ Zn} \\ 2 \text{ mols de } e^- & \rightarrow 2 \cdot 96.500 \text{ C} \text{ --- } 1 \text{ mol de Zn} \end{aligned}$$

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

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

$x = 0,508 \text{ g}$ corresponde à massa de Zn depositada no cátodo dessa eletrólise.

Anotações:

Aplicação no cotidiano

PRODUÇÃO DO ALUMÍNIO METÁLICO A PARTIR DA BAUXITA

A bauxita é um mineral encontrado na natureza e possui na sua composição diversos compostos, entre eles, o óxido de alumínio hidratado ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$). A partir desse minério, é possível produzir o alumínio metálico.

O primeiro passo para a produção do alumínio é a extração da bauxita. Após, é realizada uma purificação do minério para separar o óxido de alumínio das impurezas, sendo o produto resultante conhecido como alumina. A próxima fase é realizar a eletrólise ígnea do óxido de alumínio (alumina).

Durante a eletrólise, ocorrem as seguintes semirreações:

- ▶ **Cátodo (-):** $4 \text{Al}^{3+}_{(l)} + 12e^- \rightarrow 4 \text{Al}_{(l)}$
- ▶ **Ânodo (+):** $6 \text{O}^{2-}_{(l)} \rightarrow 12e^- + 3 \text{O}_{2(g)}$

Como o ânodo dessa eletrólise geralmente é composto por grafite (C), ocorre uma reação com o oxigênio, formando dióxido de carbono (CO_2) como produto.



Materiais produzidos com o alumínio.



////// APOIO AO TEXTO ////

6. Cobre comercial foi "dissolvido" em ácido nítrico, e a solução resultante possui íons Cu^{2+} sendo eletrolisada até a deposição total do cobre, com uma corrente de 1,930 A em 5 min. A massa aproximada e o local onde o cobre se deposita são respectivamente:
Dados: usar massa molar do Cu = 64 g/mol e um mol de elétrons tem carga de 96.500 C.

- a) 0,19 g - ânodo
- b) 0,19 g - cátodo
- c) 0,096 g - ânodo
- d) 0,096 g - cátodo
- e) 0,096 g - solução

7. (UFRGS) Qual é a massa de ferro depositada no cátodo de uma célula eletrolítica contendo solução aquosa de FeCl_3 quando através dela passa a carga de 0,1 faraday? (Dado: MA do Fe = 55,8g).

- a) 1,86 g.
- b) 5,41 g.
- c) 5,58 g.
- d) 16,23 g.
- e) 54,10 g.





» Cinética Química

As reações químicas, independentemente de qual tipo estivermos considerando, são processos dinâmicos, em que as moléculas reagentes interagem, podendo formar os produtos dessas reações. A velocidade com que ocorrem essas transformações e os fatores que podem influenciá-las serão o foco do nosso estudo a partir de agora.

• Velocidade (rapidez) das reações

O termo *velocidade* é uma definição “emprestada” da Física, a qual relaciona o deslocamento de um corpo com o tempo em que a mudança na posição acontece. Como, durante a análise de uma reação, não acompanhamos a movimentação de uma substância, mas, sim, a variação da quantidade das espécies químicas, muitas vezes observaremos que, em textos relacionados com o assunto, é também utilizado o termo rapidez, para diferenciar da definição de velocidade amplamente utilizada na Física.

Reações lentas ou moderadas

- ▶ Queima de uma vela;
- ▶ Formação do petróleo;
- ▶ Digestão alimentar;
- ▶ Formação da ferrugem;
- ▶ Apodrecimento de frutas.



Logan Reir/BID

Reações instantâneas

- ▶ Explosão da dinamite e de fogos de artifício;
- ▶ Reação ácido-base.



Leandro Neumann Cuffor/BID

• Velocidade média (V_m)

A velocidade média, V_m , calculada em função das substâncias participantes da reação, é a razão entre a quantidade consumida ou produzida da substância e o intervalo de tempo, Δt , em que isso ocorreu.

$$V_m = \frac{\Delta[\text{quantidade}]}{\Delta t}$$

Em que:

V_m : velocidade média;

$\Delta[\text{quantidade}]$: variação da quantidade. A quantidade pode ser expressa em massa, mols e concentração;

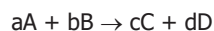
Δt : variação do tempo.

A velocidade média pode ser expressa por:

$$\text{mol/L} \cdot \text{s}; \text{mol/L} \cdot \text{min}; \text{mol/L} \cdot \text{h}, \text{ etc.}$$

• Velocidade média da reação

A velocidade média da reação será calculada pela velocidade média de reagentes ou produtos dividida pelo seu coeficiente.



$$V_m = \frac{V_m A}{a} = \frac{V_m B}{b} = \frac{V_m C}{c} = \frac{V_m D}{d}$$



Dados:

O processo ocorre com o consumo de 0,5 mol de C_3H_8 por minuto.

Logo: $V_m(\text{C}_3\text{H}_8) = 0,5 \text{ mol/min}$

$V_m(\text{O}_2) = 2,5 \text{ mol/min}$

$V_m(\text{CO}_2) = 1,5 \text{ mol/min}$

$V_m(\text{H}_2\text{O}) = 2,0 \text{ mol/min}$

E a V_m da reação será:

$$V_m = \frac{V_m \text{ C}_3\text{H}_8}{1} = \frac{V_m \text{ O}_2}{5} = \frac{V_m \text{ CO}_2}{3} = \frac{V_m \text{ H}_2\text{O}}{4}$$

Então:

$$V_m = \frac{0,5}{1} = \frac{2,5}{5} = \frac{1,5}{3} = \frac{2,0}{4} = 0,5 \text{ mol/min}$$



////// APOIO AO TEXTO ////

Anotações:

1. (UFSM) Na reação $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$, observou-se o seguinte:

Tempo (s)	Nº mols de HCl
0	0,00
5	0,20
10	0,50
15	0,80
20	1,50

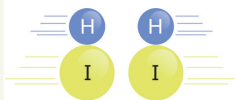
Qual a velocidade média de formação do HCl no intervalo de tempo de 5 a 10 segundos?

- a) $0,04 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$
- b) $0,05 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$
- c) $0,06 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$
- d) $0,30 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$
- e) $0,50 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$

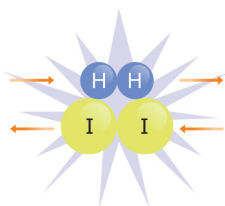
• Condições para que uma reação química ocorra

1ª. Afinidade

Duas moléculas de HI se aproximam com grande velocidade (grande energia) em uma posição favorável e...



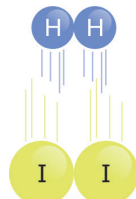
2ª. Contato



... colidem violentamente (com grande energia), formando o complexo ativado.

3ª. Orientação favorável

As moléculas de H_2 e I_2 separam-se do complexo ativado.



4ª. Energia de ativação

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

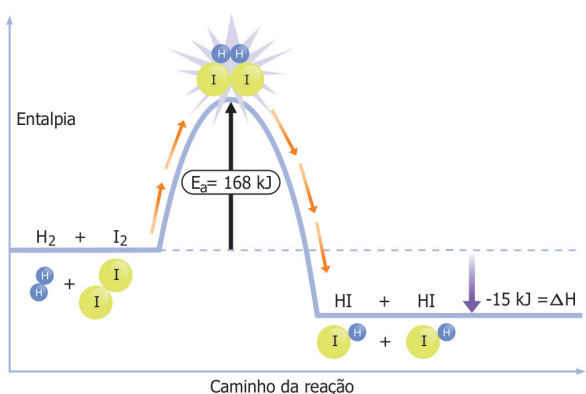
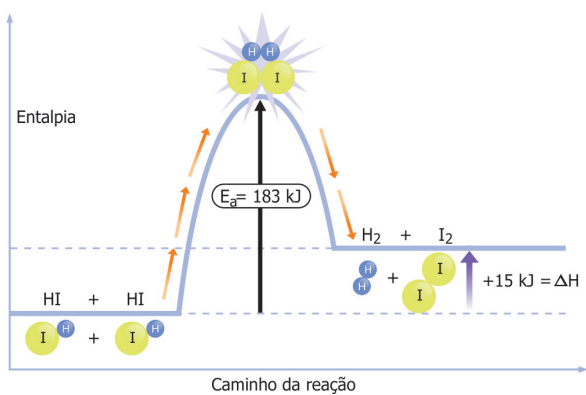


Em uma tempestade, a energia de um raio pode servir como energia de ativação para uma reação.

Anotações:



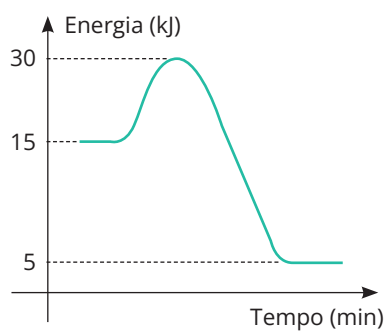
Gráficos



COMPLEXO ATIVADO

Estrutura intermediária e instável com fraca ligação entre os átomos.

- Exemplo resolvido:



- Endotérmica ou exotérmica? **Exotérmica.**
- Energia de ativação? **15 kJ.**
- Energia do complexo ativado? **30 kJ.**
- ΔH ? **-10 kJ.**

Anotações:

APOIO AO TEXTO

2.(UFSM) Considere os estudos cinéticos de uma reação química e julgue os itens abaixo em verdadeiro (V) ou falso (F):

- () Toda reação é produzida por colisões, mas nem toda colisão gera uma reação.
- () Um colisão altamente energética pode produzir uma reação.
- () Toda colisão com orientação adequada produz uma reação.
- () A energia mínima para uma colisão efetiva é denominada energia de reação.
- () A diferença energética entre produtos e reagentes é denominada energia de ativação da reação.

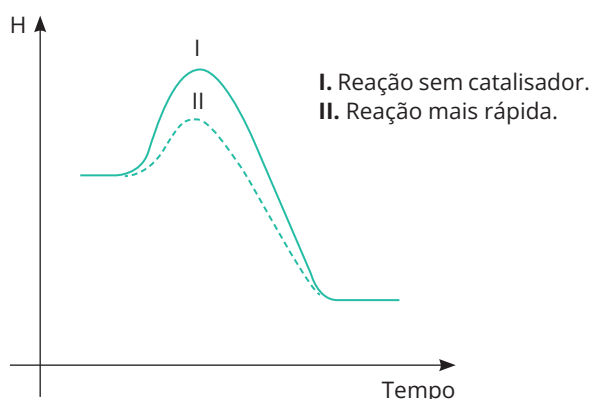
A alternativa correta é:

- V - F - V - V - F
- F - V - F - F - V
- F - F - V - F - V
- V - F - V - V - V
- V - V - F - F - F

• Catalisador

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

O catalisador cria um novo complexo ativado, alterando diretamente a energia de ativação.



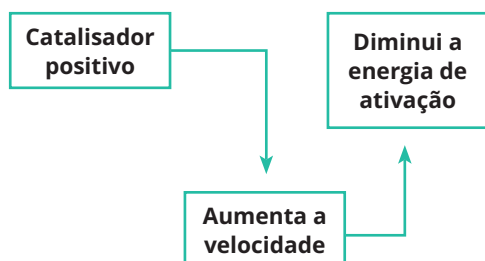
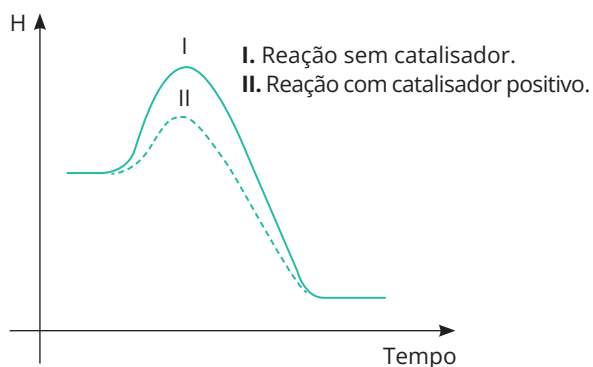
- I. Reação sem catalisador.
- II. Reação mais rápida.



Catalisador positivo

▶ Chamamos de **catalisador positivo** aquele que **umenta** a velocidade da reação, logo, diminui a energia de ativação.

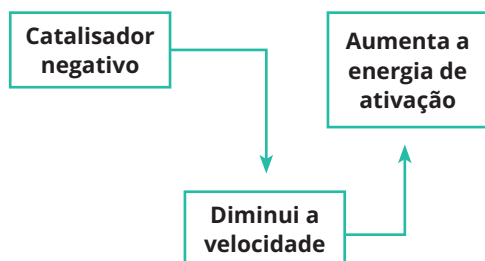
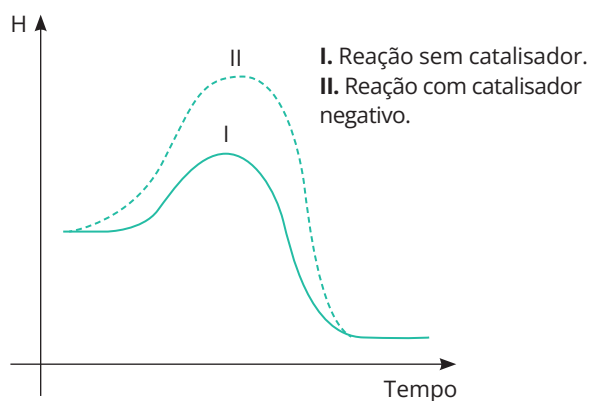
▶ **Ativador:** ativa o catalisador (promotor).



Catalisador negativo

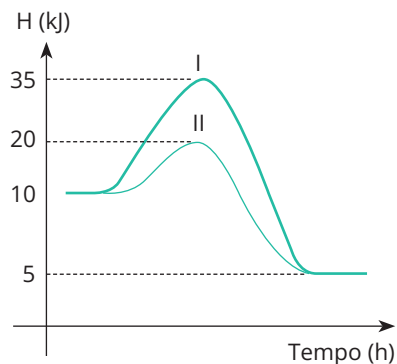
▶ Chamamos de **catalisador negativo** aquele que **diminui** a velocidade da reação, logo, aumenta a energia de ativação. Pode ser chamado também de inibidor.

▶ **Veneno:** inibe o catalisador.



APOIO AO TEXTO

3. Analise o gráfico e responda ao que se pede a seguir.



- Absorve ou libera calor?
- Qual a reação mais rápida?
- Endotérmico ou exotérmico?
- Energia do complexo ativado (I)?
- Energia de ativação (I)?
- ΔH ?

Anotações:

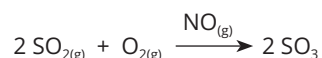


Catálise

É a reação com catalisador.

Catálise homogênea

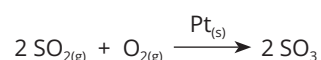
- ▶ O catalisador e os reagentes constituem uma única fase.



- ▶ **Reagentes e catalisador (NO):** mesmo estado físico.

Catálise heterogênea

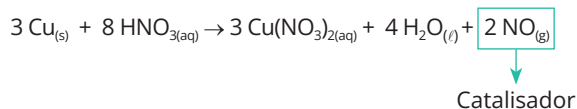
- ▶ O catalisador e os reagentes constituem fases diferentes.



- ▶ **Reagentes e catalisador (Pt):** diferentes estados físicos.

Autocálise

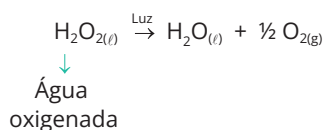
Nesse caso especial, o catalisador é um dos produtos da reação. Inicia lentamente e, à medida que o catalisador se forma nos **produtos**, a velocidade aumenta.



• Fatores que alteram a velocidade da reação

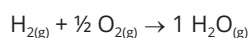
Luz

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.

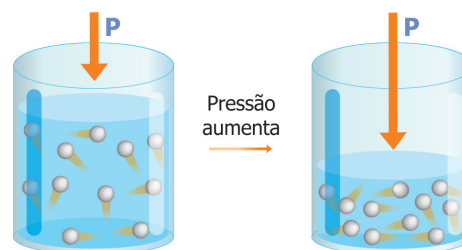


Pressão

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.

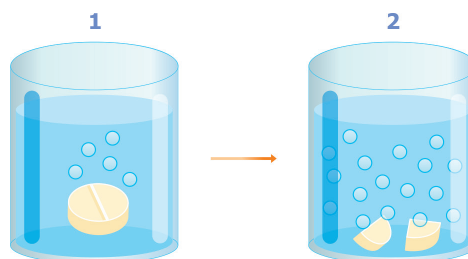
Importante

Só é considerado o efeito da pressão para reagentes gasosos.



Superfície de contato

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



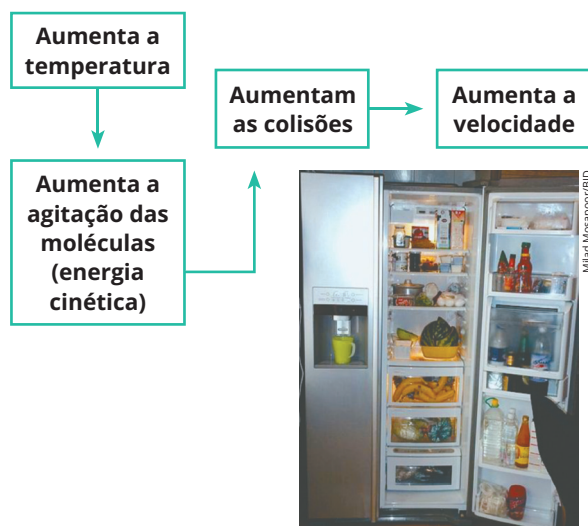
– Exemplos:

- ▶ comprimido;
- ▶ prego e bombril;
- ▶ carne.

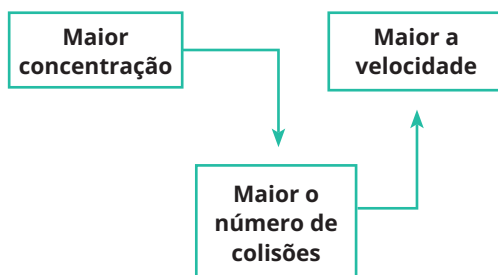
Anotações:



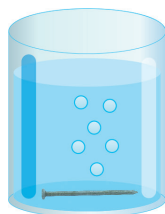
Temperatura



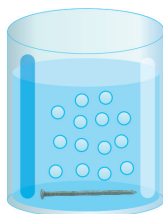
Concentração



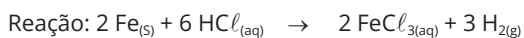
- Exemplo: Solução com concentração $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de HCl e solução com concentração $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de HCl reagindo com um prego de ferro.



Solução $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$



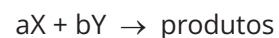
Solução $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$



• Lei da Ação das Massas ou Lei de Guldberg-Waage

A velocidade de uma reação química é o produto das concentrações dos reagentes elevado aos seus coeficientes.

Para uma reação genérica:



temos:

$$V = K \cdot [X]^a \cdot [Y]^b$$

Em que:

V = velocidade da reação;

K = constante de velocidade (característica da reação e da temperatura);

[X] e **[Y]** = concentração dos reagentes X e Y em mol/L;

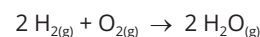
a e **b** = expoentes (coeficientes estequiométricos).

Importante

“Sólidos e líquidos puros não entram”.

- Exemplo resolvido:

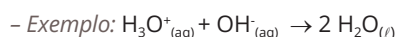
Qual a equação de velocidade na síntese da água?



Resposta: $V = K[\text{H}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]^1$

CONCEITOS

► **Reação elementar:** é a reação formada por apenas uma etapa.

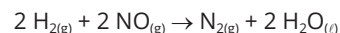


$$V = K [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-]$$

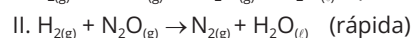
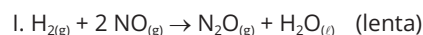
► **Reação não elementar:** é aquela formada por duas ou mais etapas.

É a **etapa lenta** que determina a velocidade da reação, logo a Lei de Guldberg-Waage deve **sempre** ser aplicada nessa etapa.

- Exemplo: a reação entre gás hidrogênio e monóxido de nitrogênio forma gás nitrogênio e água.



que se desenvolve segundo as etapas:

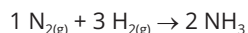


Qual a expressão da velocidade da reação global?

$$V = K [\text{H}_2] \cdot [\text{NO}]^2$$



Para a reação de síntese da amônia:



temos: $V = K [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3$

Ordem global

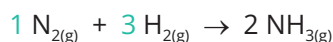
Soma dos **expoentes** na fórmula da velocidade.

$$V = K \cdot [\text{N}_2]^1 \cdot [\text{H}_2]^3$$

Reação de 4ª ordem ou de ordem 4.

Molecularidade

Soma dos **coeficientes** dos reagentes.



Molecularidade 4.

////// APOIO AO TEXTO //////////////

4. (UFSM) Um comprimido efervescente de vitamina C intacto, pesando 5 g, quando colocado em um copo contendo água a 25°C, será dissolvido em dois minutos.

Considerando essa informação, assinale verdadeira (V) ou falsa (F) em cada uma das proposições.

() Se o comprimido efervescente estiver em pequenos pedaços, o tempo de dissolução também será de dois minutos, pois a massa continua sendo 5 g.

() O tempo de dissolução do comprimido efervescente intacto mantém-se quando o comprimido for dissolvido em água a 40°C ou a 25°C, pois a área de contato é a mesma.

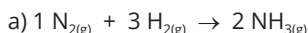
() Quanto maior a superfície de contato do comprimido efervescente com a água, maior o número de colisões favoráveis, portanto maior a velocidade de dissolução.

() O aumento da temperatura diminui a energia de ativação, diminuindo, portanto, o tempo de dissolução.

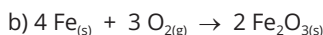
A sequência correta é:

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

5. Determine a equação da velocidade (Guldberg-Waage):



V =



V =



V =

6. Os dados abaixo referem-se à reação:



[A]	[B]	[C]	v (mol . L ⁻¹ . min ⁻¹)
0,5	0,5	0,5	0,02
0,5	0,5	1,0	0,02
0,5	1,0	0,5	0,04
1,0	0,5	0,5	0,08

Sabendo que a reação foi realizada a 25 °C, responda:

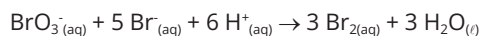
a) Qual a equação da velocidade dessa reação?

b) Qual o valor da constante de velocidade?

c) Qual a velocidade da reação a 25 °C, se a concentração de cada substância for igual a 2,0 mol/L?



7. A reação que ocorre entre os íons brometo (Br⁻) e bromato (BrO₃⁻) em meio ácido, formando o bromo (Br₂), é representada pela equação:



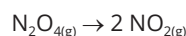
Um estudo cinético dessa reação em função das concentrações dos reagentes foi efetuado, e os dados obtidos estão listados na tabela a seguir.

Exp.	[BrO ₃ ⁻] (mol·L ⁻¹)	[Br ⁻] (mol·L ⁻¹)	[H ⁺] (mol·L ⁻¹)	Velocidade (mol·L ⁻¹ ·s ⁻¹)
1	0,10	0,10	0,10	1,2 x 10 ⁻³
2	0,20	0,10	0,10	2,4 x 10 ⁻³
3	0,20	0,30	0,10	7,2 x 10 ⁻³
4	0,10	0,10	0,20	4,8 x 10 ⁻³

Considerando as observações experimentais, pode-se concluir que a lei de velocidade para a reação é:

- a) $v = k \cdot [\text{BrO}_3^-] \cdot [\text{Br}^-] \cdot [\text{H}^+]$
 b) $v = k \cdot [\text{BrO}_3^-] \cdot [\text{Br}^-]^5 \cdot [\text{H}^+]^6$
 c) $v = k \cdot [\text{BrO}_3^-]^2 \cdot [\text{Br}^-]^6 \cdot [\text{H}^+]^4$
 d) $v = k \cdot [\text{BrO}_3^-] \cdot [\text{Br}^-]^3 \cdot [\text{H}^+]^2$
 e) $v = k \cdot [\text{BrO}_3^-] \cdot [\text{Br}^-] \cdot [\text{H}^+]^2$

8. (UFRGS) Observe a reação abaixo:



Nessa reação ocorre um processo que segue uma cinética de primeira ordem, e sua constante de velocidade, a 25°C, é de $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$.

Partindo-se de uma concentração inicial de $2,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de N₂O₄, a taxa inicial de formação de NO₂ será:

- a) $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 b) $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 c) $4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 d) $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$
 e) $16,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$

9. (UFRGS) Uma reação monomolecular de primeira ordem, em fase gasosa, ocorre com uma velocidade de $5,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ quando a concentração do reagente é de $2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. A constante de velocidade dessa reação, expressa em min⁻¹, é igual a:

- a) 2,0
 b) 2,5
 c) 5,0
 d) 7,0
 e) 10,0

10. (UFRGS) A reação do relógio de iodo é bastante comum em feiras de ciências e em demonstrações didáticas. Nela, a ocorrência de várias reações que envolvem iodo e compostos, contendo enxofre em diversos estados de oxidação, leva à formação de uma coloração azul súbita, dependente da concentração dos reagentes.

Uma possibilidade de realização dessa reação usa persulfato, tiosulfato e iodeto, e, nesse caso, uma das etapas é a reação entre o íon persulfato (S₂O₈²⁻) e o íon iodeto (I⁻), cuja velocidade de decomposição do persulfato foi determinada e encontra-se na tabela abaixo.

Experimento	Concentrações iniciais (mol L ⁻¹)		Velocidade inicial (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
	S ₂ O ₈ ²⁻	I ⁻	
1	0,08	0,16	0,512
2	0,08	0,32	1,024
3	0,32	0,16	2,048
4	0,16	0,40	x

Assinale a alternativa que apresenta a velocidade inicial x do experimento 4, em mol L⁻¹ s⁻¹, tendo em vista as condições expressas acima.

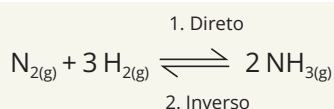
- a) 0,512
 b) 2,048
 c) 2,560
 d) 6,400
 e) 8,120





» Equilíbrio Químico

É a parte da Química que estuda as reações reversíveis, que são as reações que ocorrem no sentido direto e no sentido inverso.



V_1 = velocidade no sentido direto da reação;

V_2 = velocidade no sentido inverso da reação.

Condições para que ocorra o equilíbrio químico

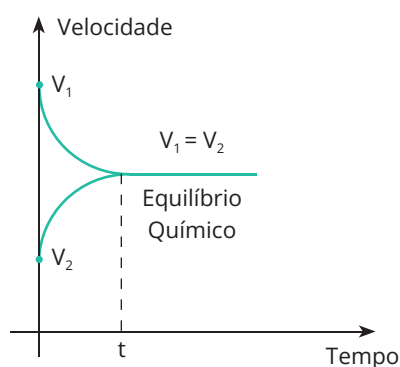
O equilíbrio químico se estabelece a partir do momento em que a velocidade da reação direta (V_1) for igual à velocidade da reação inversa (V_2).

$$V_1 = V_2$$

Gráficos 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.

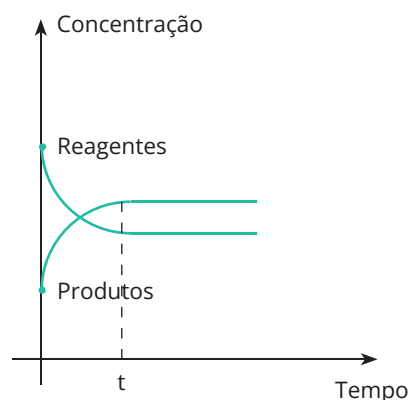
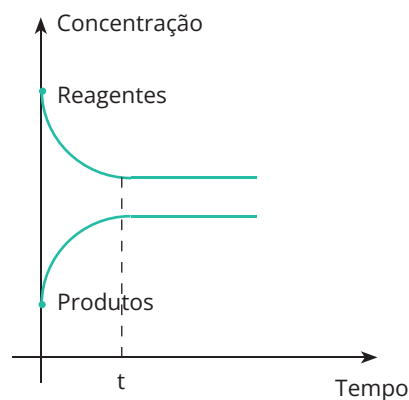
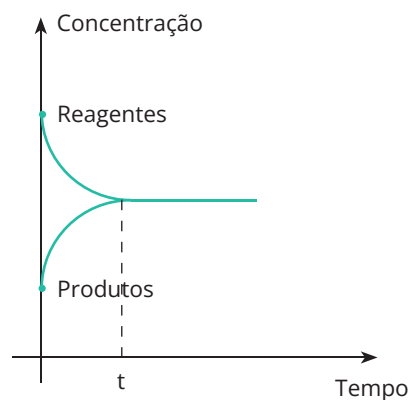


Importante

Quando é atingido o equilíbrio químico, as reações direta e inversa continuam acontecendo. Por isso, o equilíbrio químico é considerado um processo **dinâmico**.

GRÁFICO DA CONCENTRAÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO

No equilíbrio, a concentração dos reagentes e a concentração dos produtos devem ser constantes, mas não necessariamente iguais entre si.



Constante do equilíbrio (Ke ou Keq)

CONSTANTE DE EQUILÍBRIO EM TERMOS DE CONCENTRAÇÃO (Kc)

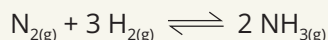
A constante de equilíbrio Kc é um número calculado a partir dos produtos e dos reagentes de uma reação. Essa constante mede o quanto uma reação é espontânea a uma certa temperatura.

O valor de Kc é igual ao quociente da multiplicação das concentrações molares dos produtos pela multiplicação das concentrações dos reagentes, sendo as concentrações elevadas aos respectivos coeficientes.

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

– 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 Kc, não entram sólidos nem líquidos puros.

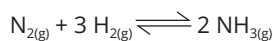
CONSTANTE DE EQUILÍBRIO EM TERMOS DE PRESSÃO (Kp)

A constante Kp é uma constante de equilíbrio que se aplica nos casos envolvendo gases. É calculada a partir das pressões parciais e depende somente da temperatura.

$$K_p = \frac{(p_{\text{produto}})^{\text{coeficiente}} \cdot (p_{\text{produto}})^{\text{coeficiente}}}{(p_{\text{reagente}})^{\text{coeficiente}} \cdot (p_{\text{reagente}})^{\text{coeficiente}}}$$

– Exemplo resolvido:

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



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

Importante

No cálculo do Kp, só entram os gases.

Observação 1: A constante de equilíbrio é característica de cada reação e também da temperatura, ou seja, o valor de Kc ou Kp, para uma mesma reação, só irá variar se a temperatura variar.

Observação 2: Kc é, por vezes, tratado como um número adimensional e, outras vezes, como número provido de unidade.

RELAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA E A CONSTANTE

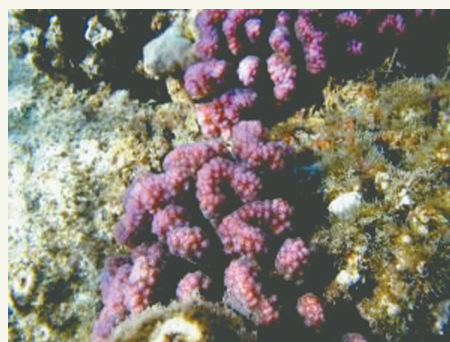
Como visto, qualquer constante de equilíbrio (K_{eq}) se relaciona com a temperatura (T), por isso é necessário conhecermos as seguintes relações:

- ▶ Quando T e K_{eq} forem diretamente proporcionais, então, o sentido direto da reação será **endotérmico**.
- ▶ Quando T e K_{eq} forem inversamente proporcionais, então, o sentido direto da reação será **exotérmico**.

DESLOCAMENTO DO EQUILÍBRIO

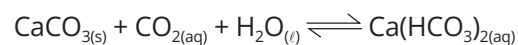
O deslocamento do equilíbrio é baseado no Princípio de Le Chatelier. Segundo este, um sistema em equilíbrio químico que é atingido por algo externo tende, ele mesmo, a contrariar a ação que o perturbou, buscando, assim, a situação de equilíbrio.

Aplicação no cotidiano



Por que só encontramos corais em águas quentes?

Em mares frios, há muito CO_2 dissolvido, e o equilíbrio a seguir se desloca para a direita, consumindo o carbonato de cálcio (CaCO_3), um dos componentes dos corais.



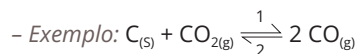
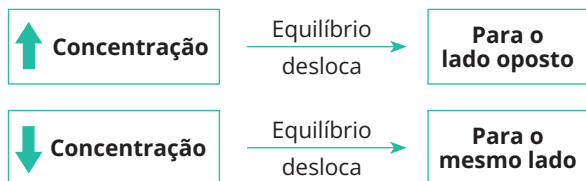
Em mares quentes, há pouco CO_2 dissolvido, provocando a precipitação de CaCO_3 .

Química Volume único. Tito e Canto - Editora Moderna.



FATORES QUE DESLOCAM O EQUILÍBRIO QUÍMICO

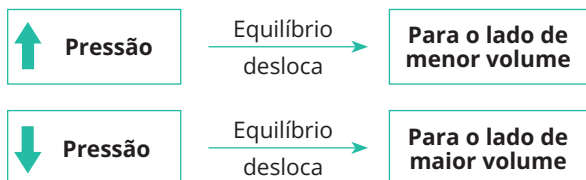
Concentração



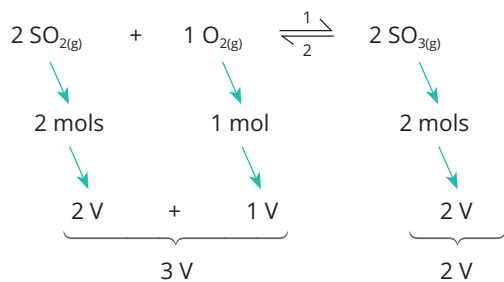
Se	Então
Aumentarmos a concentração de $CO_{2(g)}$	o equilíbrio se desloca para a direita (no sentido 1).
Diminuirmos a concentração de $CO_{2(g)}$	o equilíbrio se desloca para a esquerda (no sentido 2).
Aumentarmos a concentração de $CO_{(g)}$	o equilíbrio se desloca para a esquerda .
Diminuirmos a concentração de $CO_{(g)}$	o equilíbrio se desloca para a direita .

Pressão

Só para gases.



Consideramos a soma dos coeficientes como os volumes de cada lado da flecha.



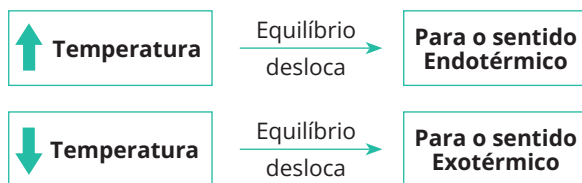
No caso anterior:

Se	Então
Aumentarmos a pressão	o equilíbrio se desloca para o lado direito .
Diminuirmos a pressão	o equilíbrio se desloca para o lado esquerdo .

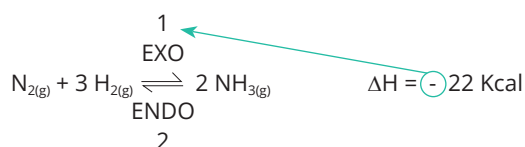
Importante

Quando os volumes de reagentes e produtos forem iguais, a pressão não influencia no deslocamento de equilíbrio.

Temperatura

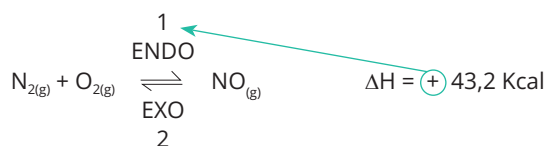


- Exemplo:



Se	Então
Aumentarmos a temperatura	o equilíbrio se desloca no sentido 2 (endo).
Diminuirmos a temperatura	o equilíbrio se desloca no sentido 1 (exo).

- Exemplo:



Se	Então
Aumentarmos a temperatura	o equilíbrio se desloca no sentido 1 (endo).
Diminuirmos a temperatura	o equilíbrio se desloca no sentido 2 (exo).

Efeito dos catalisadores no equilíbrio

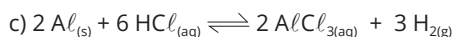
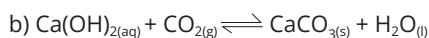
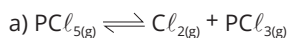
- 1°. Os catalisadores **NÃO** deslocam o **equilíbrio**.
- 2°. Os catalisadores apenas aumentam a velocidade nos dois sentidos da reação, atingindo-se, assim, mais rapidamente o equilíbrio.
- 3°. Consequentemente, o tempo para atingir o equilíbrio será menor.

Anotações:

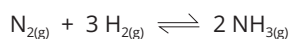


////// APOIO AO TEXTO ////

1. Forneça os valores de K_c e K_p para as equações abaixo:



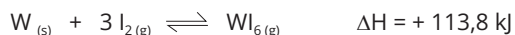
2. A síntese da amônia e a sua decomposição constituem um exemplo de equilíbrio químico:



Como industrialmente deseja-se a reação de síntese, uma prática recomendável para se conseguir um maior rendimento de amônia, apenas com as informações disponíveis acima, é

- adicionar um catalisador.
- aumentar a pressão sobre o sistema.
- eleva a temperatura.
- retirar o excesso de hidrogênio.
- trabalhar com nitrogênio líquido.

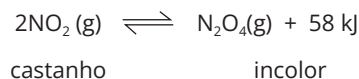
3. Uma lâmpada halógena apresenta iodo em seu interior, para diminuir a decomposição do filamento de tungstênio, de acordo com a reação:



A alternativa correta, com relação ao equilíbrio acima, é:

- O tungstênio é consumido quando a pressão da lâmpada é aumentada.
- O tungstênio não é consumido se a concentração de tungstênio é diminuída.
- O tungstênio não é consumido se a concentração de iodo é aumentada.
- O tungstênio é consumido quando a temperatura do sistema é diminuída.
- O tungstênio é consumido quando a concentração do hexaiodeto de tungstênio é aumentada.

4. O gás castanho NO_2 é um poluente atmosférico que em recipiente fechado sofre dimerização, formando o gás incolor N_2O_4 . A reação de dimerização é representada pela seguinte equação de equilíbrio

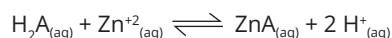


Sobre o sistema em equilíbrio, é correto afirmar que

- a cor castanha será intensificada com o aumento da temperatura do sistema.
- o sistema em equilíbrio é insensível à variação de pressão que atua sobre ele.
- a retirada de NO_2 do equilíbrio, através de sua reação com água líquida introduzida no sistema, aumentará a produção de N_2O_4 .
- a constante de equilíbrio K_p , expressa em termos das pressões parciais dos gases, tem valor numérico idêntico à da constante de equilíbrio K_c expressa em termos de suas concentrações molares.
- a adição de um catalisador ao sistema, inicialmente em equilíbrio, aumentará a massa de N_2O_4 produzida.

5. (UFMS) A matéria orgânica do solo é constituída de três frações, com distintas propriedades físico-químicas: a húmica, o ácido húmico e o ácido fúlvico.

Na solução do solo, o ácido húmico (representado por H_2A) reage com o cátion Zn^{+2} de acordo com a seguinte reação esquemática:



A constante de equilíbrio (K_c) para essa reação é $5 \cdot 10^5$, medida na temperatura de $25^\circ C$. É possível, então, afirmar:

- O alto valor numérico de K_c quer dizer que a reação inversa ocorre mais facilmente que a reação direta.
- K_c depende somente da concentração no equilíbrio de ácido húmico e Zn^{+2} .
- A constante de equilíbrio da reação inversa é $2 \cdot 10^{-6}$.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s):

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





» Equilíbrio Iônico

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

– Exemplos:

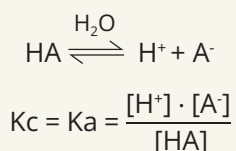
- ▶ Solução aquosa de ácidos;
- ▶ Solução aquosa de bases.

Solução aquosa de ácidos

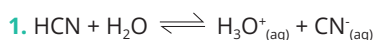
No equilíbrio dessas soluções, a constante de equilíbrio (Kc) pode ser representada por (Ka).

Ka → Constante de ionização de um ácido

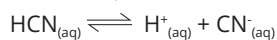
ESQUEMA DE ÁCIDOS



– Exemplos:

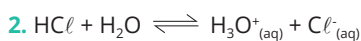


simplificando



$$K_c = K_a = 4,9 \cdot 10^{-10} \quad K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]} = 4,9 \cdot 10^{-10}$$

Ⓣ Ka → fraca tendência em liberar H⁺



simplificando



$$K_c = K_a = 1 \cdot 10^7 \quad K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{Cl}^-]}{[\text{HCl}]} = 1 \cdot 10^7$$

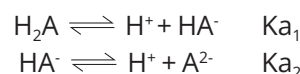
Ⓢ Ka → forte tendência em liberar H⁺

Resumindo

Ka Força do ácido

Saiba mais

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



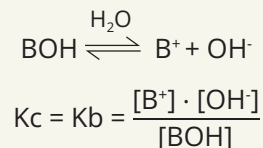
Sempre $K_{a1} > K_{a2} > \dots$

Solução aquosa de bases

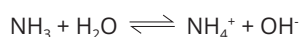
No equilíbrio dessas soluções, a constante de equilíbrio (Kc) pode ser simbolizada por (Kb).

Kb → Constante de dissociação de uma base

ESQUEMA DE BASES



– Exemplos:



$$K_c = K_b = 1,8 \cdot 10^{-5} \quad K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \cdot [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

Resumindo

Kb Força da base

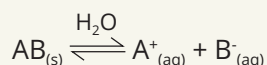
CONSTANTE DO PRODUTO DE SOLUBILIDADE (KPS OU KS)

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:

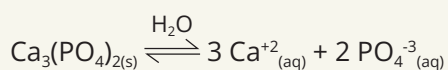
$$Kps = [A^+] \cdot [B^-]$$

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

Quanto ↑Kps ↑Solubilidade do sal

- Exemplo resolvido:

Considere o equilíbrio do seguinte sal:



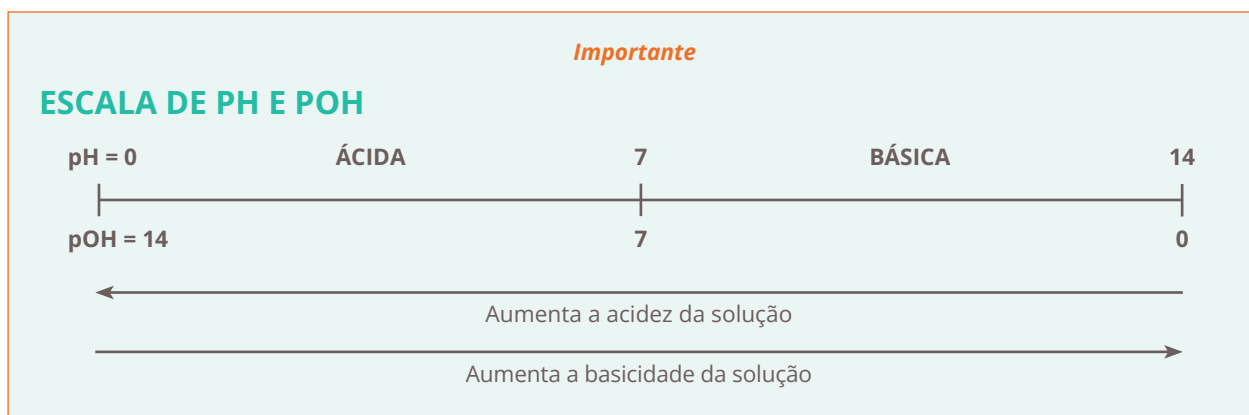
Para sal, o Kps é dado por:

$$Kps = [Ca^{+2}]^3 \cdot [PO_4^{-3}]^2 = 2 \cdot 10^{-29} (\text{mol} \cdot L^{-1})^5$$

O que demonstra um sal praticamente insolúvel em água, para não dizermos insolúvel.

Escala de pH e pOH

A acidez e a basicidade de um meio aquoso podem ser indicadas a partir do valor do potencial hidrogeniônico (pH) e do potencial hidroxiliônico (pOH). A 25°C, o pH varia entre 0 e 14, sendo valores de pH < 7 soluções ácidas, pH = 7 neutras e pH > 7 básicas/alcalinas.

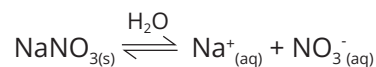


EFEITO DO ÍON COMUM NO DESLOCAMENTO DE EQUILÍBRIO

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.

- Exemplo resolvido:

Considere o equilíbrio representado abaixo:



Ao adicionarmos AgNO₃ nesse equilíbrio, ocorrerá deslocamento do equilíbrio? Se sim, para qual lado?

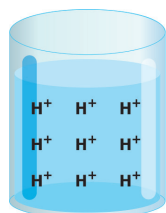
- Resolução:

Quando o AgNO₃ é adicionado, sua dissociação origina o íon NO₃⁻, que fará com que o equilíbrio seja deslocado para a esquerda.



SOLUÇÃO ÁCIDA

Quanto maior for a concentração de H^+ , maior será o caráter ácido da solução.



$$[H^+] > [OH^-]$$

$$[H^+] > 10^{-7} \text{ mol/L} \rightarrow [OH^-] < 10^{-7} \text{ mol/L}$$

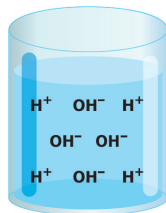
$pH < 7$ $pOH > 7$

Importante

Quanto mais próximo de zero for o pH, mais ácida será a solução.

SOLUÇÃO NEUTRA

Quando as concentrações de H^+ e OH^- forem iguais.



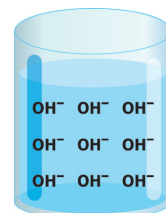
$$[H^+] = [OH^-]$$

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

$pH = 7$ $pOH = 7$

SOLUÇÃO BÁSICA

Quanto maior for a concentração de OH^- , maior será o caráter básico da solução.



$$[H^+] < [OH^-]$$

$$[H^+] < 10^{-7} \text{ mol/L} \rightarrow [OH^-] > 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$pH > 7$ $pOH < 7$

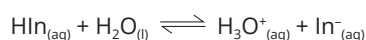
Importante

Quanto mais próximo de 14 for o pH, mais básica será a solução.

Indicadores de pH

Um **indicador ácido-base** é um corante, solúvel em água, cuja cor depende do pH. A mudança rápida de pH que ocorre no ponto de viragem de uma titulação é, assim, sinalizada pela mudança quase instantânea da cor do corante.

Um indicador ácido-base muda de cor com o pH porque ele é um ácido fraco que tem uma cor na forma de ácido (HIn, em que In significa indicador) e outra na forma de base conjugada (In⁻).



A mudança de cor acontece porque o próton muda a estrutura da molécula de HIn e faz a absorção da luz ser diferente na forma HIn e na forma In⁻. Quando a concentração de HIn é muito maior do que a de In⁻, a solução tem a cor da forma ácida do indicador. Quando a concentração de In⁻ é muito maior do que a de HIn, a solução tem a cor da forma básica do indicador. A seguir temos uma imagem com os principais indicadores e seus pontos de viragem.

Indicador	pK _{in}	Faixa de pH da mudança de cor	Cor da forma ácida		Cor da forma básica
azul de timol	1,7	1,2 para 2,8	vermelho		amarelo
alaranjado de metila	3,4	3,2 para 4,4	vermelho		amarelo
azul de bromofenol	3,9	3,0 para 4,6	amarelo		azul
verde de bromocresol	4,7	3,8 para 5,4	amarelo		azul
vermelho de metila	5,0	4,8 para 6,0	vermelho		amarelo
tornassol	6,5	5,0 para 8,0	vermelho		azul
azul de bromotimol	7,1	6,0 para 7,6	amarelo		azul
vermelho de fenol	7,9	6,6 para 8,0	amarelo		vermelho
azul de timol	8,9	8,0 para 9,6	amarelo		azul
fenolftaleína	9,4	8,2 para 10,0	incolor		cor-de-rosa



Formulário

Para indicar a acidez ou a basicidade de um meio, utilizamos potências de dez com expoente negativo. Com a finalidade de evitar o uso de expressões matemáticas com expoentes negativos, o químico dinamarquês Soren Peer Lauritz Sørensen (1868-1939) propôs uma maneira prática de fazer o cálculo com auxílio de logaritmos. Esse cálculo pode ser realizado de dois modos diferentes: via pH ou via pOH.

PH OU POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} \quad \text{ou} \quad \text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

$[\text{H}^+]$ = concentração hidrogeniônica em mol/L.

Cálculo da concentração hidrogeniônica

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

M = molaridade ou concentração em mol/L;

α = grau de ionização do ácido;

$n^\circ \text{H}^+$ = número de hidrogênios ionizáveis.

POH OU POTENCIAL HIDROXILIÔNICO

$$\text{pOH} = \log \frac{1}{[\text{OH}^-]} \quad \text{ou} \quad \text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$[\text{OH}^-]$ = concentração hidroxiliônica em mol/L.

Cálculo da concentração hidroxiliônica

$$[\text{OH}^-] = M \cdot \alpha \cdot n^\circ \text{OH}^-$$

M = molaridade ou concentração em mol/L;

α = grau de dissociação da base;

$n^\circ \text{OH}^-$ = número de oxidrilas dissociadas.

CONVERSÃO: PH EM POH E VICE-VERSA

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

Observações:

- ▶ Quando o α não for fornecido na questão, devemos considerá-lo igual a 100%.

$$\alpha = 100\% = 1$$

- ▶ Se a questão for sobre base, primeiro calcula-se o pOH, utilizando a expressão $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$; depois calcula-se o pH, usando a relação $\text{pH} + \text{pOH} = 14$.
- ▶ Se a questão for sobre ácido, primeiro calcula-se o pH, utilizando a expressão $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$; depois calcula-se o pOH, usando a relação $\text{pH} + \text{pOH} = 14$.
- ▶ Para calcular quantas vezes uma solução é mais ácida do que a outra, utilize a razão abaixo:

$$\frac{[\text{H}^+] \text{ Maior}}{[\text{H}^+] \text{ Menor}}$$

Importante

A partir de K_w , constante de dissociação da água (produto iônico da água) que tem o valor de 10^{-14} à temperatura de 25°C , pode-se determinar a relação entre pH e pOH. Vejamos:

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

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

$$\log ([\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-]) = \log 10^{-14}$$

$$\log [\text{H}^+] + \log [\text{OH}^-] = -14 \log 10$$

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

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



APOIO AO TEXTO

1. (UFN) Considere uma determinada quantidade de água misturada com suco de limão. Analisando essa mistura, seria correto afirmar que:

- I. O pH da mistura é menor que 7.
- II. O pH da mistura é maior que 7.
- III. A quantidade de íons OH^- é maior que a quantidade de íons H^+ .
- IV. A quantidade de OH^- é menor que a quantidade de íons H^+ .

Está(ão) correta(s)

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

2. (UPF) Considere os sistemas apresentados na tabela a seguir, com algumas informações de acidez e basicidade, medidos a 25 °C.

	Café	Vinho	Água do mar
$[\text{H}^+]$	$10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	I	$10^{-8} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
$[\text{OH}^-]$	II	$10^{-11} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$	III
Meio	IV	V	Básico

As informações que completam corretamente as lacunas I a V na tabela são, respectivamente:

- | | | | | | |
|----|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------|-----------|
| a) | I: $10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ | II: $10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ | III: $10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ | IV: ácido | V: ácido |
| b) | I: $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ | II: $10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$ | III: $10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ | IV: ácido | V: ácido |
| c) | I: $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ | II: $10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$ | III: $10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ | IV: básico | V: ácido |
| d) | I: $10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ | II: $10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ | III: $10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ | IV: ácido | V: básico |
| e) | I: $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ | II: $10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ | III: $10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ | IV: ácido | V: básico |

3. (UFSM) Para sobreviverem, os animais aquáticos apresentam limites de resistência em relação ao pH das águas em que habitam. Por exemplo, o pH de sobrevivência das conchas é 5,5, dos camarões é 5,8, dos caramujos é 7,0 e dos paramécios é 9,0.

A seguir, analise e complete a tabela para as soluções.

De acordo com a informação e com os dados obtidos na tabela, pode-se dizer que sobreviverão, nas soluções B e C,

Substância	pH	$[\text{H}^+]$
A	7	$= 1 \cdot 10^{-7}$
B		$< 1 \cdot 10^{-7}$
C		$> 1 \cdot 10^{-7}$

respectivamente:

- a) camarões - paramécios
- b) caramujos - camarões
- c) conchas - paramécios
- d) paramécios - caramujos
- e) paramécios - conchas



4. (UPF) Para os ácidos listados abaixo, foram preparadas soluções aquosas de mesmo volume e concentração.

- I. Ácido Cloroso (HClO_2) $K_a = 1,1 \times 10^{-2}$
- II. Ácido Fluorídrico (HF) $K_a = 6,7 \times 10^{-4}$
- III. Ácido Hipocloroso (HClO) $K_a = 3,2 \times 10^{-8}$
- IV. Ácido Cianídrico (HCN) $K_a = 4,0 \times 10^{-10}$

Considerando as constantes de ionização (K_a), a concentração do íon H_3O^+ é:

- a) menor na solução do ácido I.
- b) maior na solução do ácido I.
- c) igual nas soluções dos ácidos III e IV.
- d) igual nas soluções dos ácidos I, II, III e IV.
- e) maior na solução do ácido IV.

5. Qual o valor de K_a para o HCN, sabendo-se que o ácido em solução 0,10 mol/L encontra-se 0,006% ionizado?

- a) $1,2 \cdot 10^{-4}$
- b) $3,6 \cdot 10^{-8}$
- c) $3,6 \cdot 10^{-5}$
- d) $3,6 \cdot 10^{-10}$
- e) $6,0 \cdot 10^{-5}$

6. A concentração hidrogeniônica do suco de limão é 10^{-3} mol/L. Qual o pH de um refresco preparado com 20 mL de suco de limão e água suficiente para completar 200 mL?

- a) 2,5
- b) 3,0
- c) 3,5
- d) 4,0
- e) 4,5

Anotações:



DEMAIS VESTIBULARES

» Concentração em ppm, ppb e volumes

CONCENTRAÇÃO EM PPM E PPB

As concentrações em partes por milhão “ppm” e em partes por bilhão “ppb” têm por finalidade expressar concentrações muito pequenas dos solutos em solução. Elas normalmente são vistas em textos para expressar a concentração de contaminantes na água, como metais pesados.

Essas concentrações podem expressar a relação soluto/solução de três formas diferentes: massa/massa, massa/volume (considerando-se a densidade da água como 1 g/mL) e volume/volume.

– Exemplos:

► Se dissermos que há 5 ppm (m/V) de chumbo na água de um rio, então significa que temos:

5 µg de soluto/mL de solução, **OU**,
em cada mL dessa solução, há $5 \cdot 10^{-6}$ g de soluto.

► Se dissermos que há 5 ppb (m/V) de chumbo na água de um rio, então significa que temos:

5 µg de soluto/L de solução, **OU**,
em cada mL dessa solução, há $5 \cdot 10^{-9}$ g de soluto.

Curiosidade

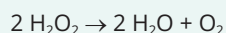
Relações que podem ser utilizadas:

Soluto Solução	Massa Massa	Massa Volume	Volume Volume
ppm	mg/kg	mg/L	mL/m ³
ppb	µg/kg	µg/L	µL/m ³

CONCENTRAÇÃO EM VOLUMES

Essa expressão de concentração é comumente utilizada para soluções de água oxigenada.

Ela expressa a relação entre o volume da solução e o volume de gás oxigênio obtido da decomposição do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) expressa abaixo:

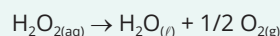


Quando dizemos *água oxigenada 10 volumes*, significa que, em cada 1 litro de solução de água oxigenada, há 10 litros de gás oxigênio que são obtidos na decomposição mencionada acima.

A partir dessa informação, da equação dada e das condições de temperatura e pressão mencionadas nas questões, podemos calcular números de mols, massas e até mesmo concentrações de qualquer um dos integrantes da equação.

– Exemplo resolvido:

A água oxigenada, uma solução aquosa de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), é comercializada com sua concentração especificada em número de volumes. Um litro de água oxigenada 10 volumes produz 10 litros de gás oxigênio nas CNTP, quando ocorre a decomposição total do peróxido, conforme a equação:



Portanto, a concentração do peróxido de hidrogênio em uma água oxigenada 20 volumes é, aproximadamente, de:

- a) 0,3 mol/L
- b) 0,9 mol/L
- c) 0,4 mol/L
- d) 2,0 mol/L
- e) 1,8 mol/L

– Solução:

Dado: água oxigenada 20 volumes.

Pedido: concentração molar de H₂O₂.

Conforme o que estudamos, 20 volumes significa que cada 1 L de solução produz 20 L de O₂.

Considerando-se as CNTP, temos:

1 mol de O_{2(g)} — 22,4 L de O₂

x mol de O_{2(g)} — 20 L de O₂

x = 0,9 mol de O₂ (aproximado)

Como visto na equação de decomposição:

1 mol de H₂O₂ — ½ mol de O₂

x mol de H₂O₂ — 0,9 mol de O₂

x = 1,8 mol de H₂O₂

De acordo com o segundo passo, estamos falando sempre de 1 L de solução de água oxigenada, por isso temos:

1,8 mol de H₂O₂ em cada 1 L de solução, ou seja:

M = 1,8 mol/L (alternativa E)

Anotações:

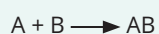


» Cálculo da Constante de Equilíbrio

CASO: em situação anterior ao equilíbrio

Neste caso, as concentrações de reagentes e produtos ainda não estão em equilíbrio. O objetivo desse problema é o de partir de uma situação inicial dada em termos de concentração e conduzir o processo até o equilíbrio.

Utilizamos os coeficientes como parâmetro para calcular as concentrações dos reagentes que são consumidos e dos produtos que são formados:



1. Suponha uma reação química do tipo $A + B \longrightarrow AB$ que é iniciada com 2 mols de A e com 2 mols de B, em um recipiente de 1 litro. Se, após atingido o equilíbrio químico, a quantidade de A existente no sistema for de 0,5 mol, a constante de equilíbrio será:

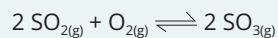
	A	+	B	→	AB
Proporção					
Início					
Reagiu/produziu					
Equilíbrio					

Cálculo da constante de equilíbrio:



APOIO AO TEXTO

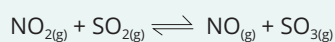
1. Um equilíbrio envolvido na formação da chuva ácida está representado pela equação:



Em um recipiente de um litro, foram misturados 6 mols de dióxido de enxofre e 5 mols de oxigênio. Depois de algum tempo, o sistema atingiu o equilíbrio; o número de mols de trióxido de enxofre medido foi de 4. O valor aproximado da constante de equilíbrio é:

- a) 0,53
- b) 0,66
- c) 0,75
- d) 1,33
- e) 2,33

2. São colocados para reagir 6,0 mol de $\text{NO}_{2(g)}$ e 7,0 mol de $\text{SO}_{2(g)}$, em um recipiente de 1,0 L, cuja reação é a seguinte:



Quando o equilíbrio químico é estabelecido, 4,5 mol de $\text{NO}_{(g)}$ são formados. O valor da constante de equilíbrio para esta reação é:

- a) 0,15
- b) 0,48
- c) 5,40
- d) 2,25
- e) 4,50

GABARITO

- 1. D
- 2. C

GABARITO

• Apoio ao texto

Unidade 1

- | | | |
|---|-------|-------|
| 1. a) $100 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ | 10. B | 22. E |
| b) $342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ | 11. A | 23. C |
| c) $322 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ | 12. B | 24. C |
| d) $95 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ | 13. D | 25. A |
| 2. C | 14. E | 26. E |
| 3. A | 15. D | 27. B |
| 4. B | 16. C | 28. C |
| 5. E | 17. A | 29. A |
| 6. A | 18. B | 30. B |
| 7. D | 19. A | 31. B |
| 8. E | 20. E | 32. E |
| 9. 88,9% O e 11,1% H | 21. C | |

Unidade 2

- | | |
|---|-------|
| 1. D | 13. A |
| 2. C | 14. C |
| 3. B | 15. D |
| 4. A | 16. D |
| 5. A | 17. C |
| 6. A | 18. B |
| 7. E | 19. A |
| 8. A | |
| 9. A | |
| 10. C | |
| 11. E | |
| 12. a) Cada 100 g de solução contém 5 g de soluto | |
| b) Cada 100 g de solução contém 7,5 g de soluto | |

Unidade 3

- A
- A
- B
- C

Unidade 4

- | | |
|------|------|
| 1. B | 5. B |
| 2. E | 6. A |
| 3. B | 7. A |
| 4. A | |

Unidade 5

- B
- A
- C
- C
- $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$

Unidade 6

- | | |
|--|------|
| 1. F - V - V - V | 5. B |
| 2. D | 6. B |
| 3. C | 7. A |
| 4. $2\text{Al} + 3\text{Cu}^{2+} \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{Cu}$ | |

Unidade 7

- | | |
|---|---|
| 1. C | 6. a) $v = k \cdot [\text{A}]^2 \cdot [\text{B}]$ |
| 2. E | b) $k = 0,16 \text{ L}^2 \cdot \text{mol}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| 3. a) Libera | c) $1,28 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ |
| b) II | 7. E |
| c) Exotérmica | 8. C |
| d) 35 KJ | 9. B |
| e) 25 KJ | 10. C |
| f) $\Delta H = -5 \text{ kJ}$ | |
| 4. D | |
| 5. a) $V = K \cdot [\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3$ | |
| b) $V = K \cdot [\text{O}_2]^3$ | |
| c) $V = K \cdot [\text{H}_2] \cdot [\text{Cl}_2]$ | |

Unidade 8

- | | |
|--|------|
| 1. a) $K_c = [\text{Cl}_2] \cdot [\text{PCl}_3] / [\text{PCl}_5]$ | 2. B |
| $K_p = (p\text{Cl}_2) \cdot (p\text{PCl}_3) / (p\text{PCl}_5)$ | 3. A |
| b) $K_c = 1 / [\text{Ca}(\text{OH})_2] \cdot [\text{CO}_2]$ | 4. A |
| $K_p = 1 / (p\text{CO}_2)$ | 5. C |
| c) $K_c = [\text{AlCl}_3]^2 \cdot [\text{H}_2]^3 / [\text{HCl}]^6$ | |
| $K_p = (p\text{H}_2)^3$ | |

Unidade 9

- | | |
|------|------|
| 1. C | 4. B |
| 2. B | 5. D |
| 3. E | 6. D |



» Referências

- ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de Química. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- AZEVEDO, E. B. Poluição e Tratamento de Água. In: Química Nova na Escola, nº 10, p. 21-25, 1999. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc10/quimsoc.pdf>>. Acesso em: 08 de jan. de 2016.
- BAIRD, C.; CANN, M. Química Ambiental. 4ª ed. Tradução de Marco Tadeu Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- CANTO, E. Minerais, Minérios e Metais. São Paulo: Moderna, 1996.
- FELTRE, R. Química - Volume 1. 6ª ed. São Paulo: Moderna, 2004.
- FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. Química Nova na Escola, nº 22, novembro de 2005. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. Química na abordagem do cotidiano. 4ª ed. São Paulo: Moderna, 2006.
- ROCHA, W. R. Interações Intermoleculares. Química Nova na Escola, nº 4, maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/cadernos/04/interac.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. Calagem. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-a-cucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html>. Acesso em: 16 jan. 2016.
- SENE, J. J.; CASTILHO, L. N. P.; DINELLI, L. D.; KIILL, K. B. Equilíbrio químico de sais pouco solúveis e o Caso Celobar®. Química Nova na Escola, nº 24, novembro de 2006. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc24/eeq4.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. Química - Volume único. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 1997.

Anotações:

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:



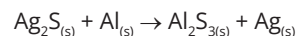
Dados: massas molares em g/mol - [Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂] = 1.004; HPO₄²⁻ = 96; Ca = 40.

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:



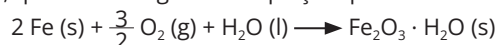
Dados da massa molar dos elementos (g mol⁻¹): Ag = 108; S = 32

UCKO, D. A. Química para as ciências da saúde: uma introdução a 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 melaço. 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.

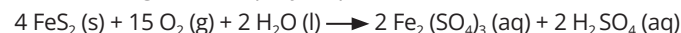


Em uma condição específica de fermentação, obtém-se 80% de conversão em etanol que, após sua purificação, apresenta densidade igual a $0,80 \text{ g/mL}$. O melaço utilizado apresentou 50 kg de monossacarídeos na forma de glicose.

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 $9,8 \text{ g/L}$, 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.

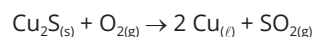
FIGUEIREDO, B. R. Minérios e ambientes. Campinas: Unicamp, 2000 (adaptado).

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 $63,5 \text{ g/mol}$ e 32 g/mol .

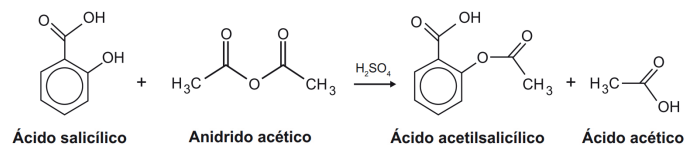
CANTO, E. L. Minerais, minérios, metais: de onde vêm?, para onde vão? São Paulo: Moderna, 1996 (adaptado).

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?

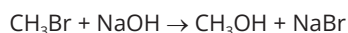
- a) 293
- b) 345
- c) 414
- d) 690
- e) 828



○ **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:

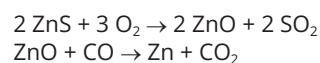


As massas molares (em g/mol) desses elementos são: H = 1; C = 12; O = 16; Na = 23; Br = 80.

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:



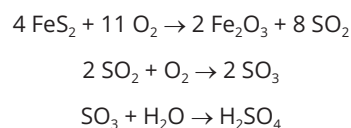
Considere as massas molares: ZnS (97 g/mol); O_2 (32 g/mol); ZnO (81 g/mol); SO_2 (64 g/mol); CO (28 g/mol); CO_2 (44 g/mol); e Zn (65 g/mol).

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 (FeS_2). 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: FeS_2 (120g/mol), O_2 (32g/mol), Fe_2O_3 (160g/mol), SO_2 (64g/mol), SO_3 (80g/mol), H_2O (18g/mol), H_2SO_4 (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 CO₂ na atmosfera. O plantio de árvores pode atenuar os efeitos dessa emissão de CO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ (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 CO₂ por quilômetro rodado, e os elétricos emitem o equivalente a 0,45 mol de CO₂ 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 CO₂ 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 (CO₂, massa molar 44 g mol⁻¹). A União Europeia estabeleceu, desde 2012, limite de emissão veicular de 130 g de CO₂ 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 (C₈H₁₈). 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 kg L⁻¹.

A diferença de emissão de CO₂ 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 antimfofo constituído por uma embalagem com tampa perfurada contendo cloreto de cálcio anidro, CaCl₂. Uma vez aberto o lacre, essa substância absorve a umidade ambiente, transformando-se em cloreto de cálcio di-hidratado, CaCl₂ · 2H₂O.

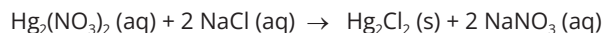
Considere a massa molar da água igual a 18 g mol⁻¹, e a massa molar do cloreto de cálcio anidro igual a 111 g mol⁻¹.

Na hidratação da substância presente no antimfofo, 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:

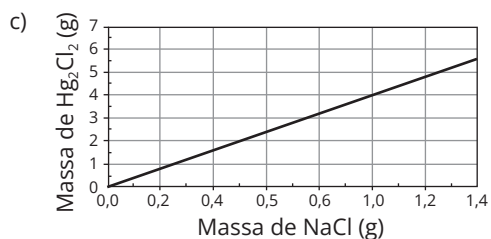
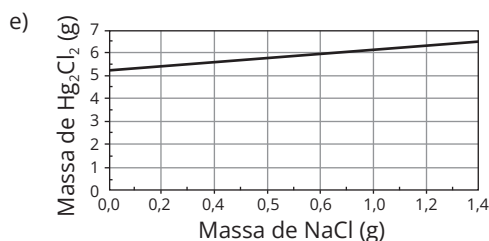
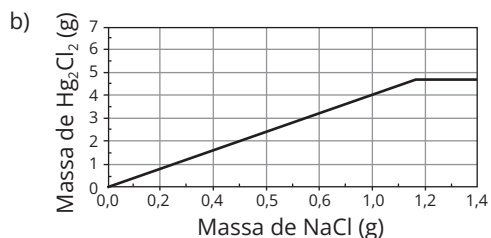
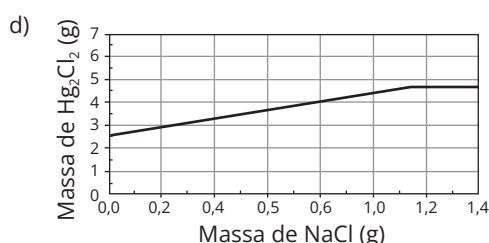
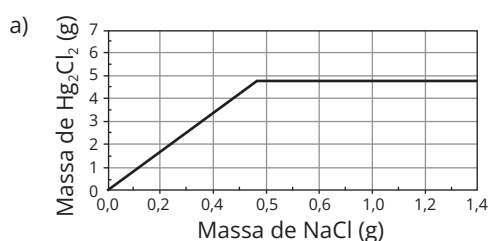


Na dúvida sobre a massa de NaCl a ser utilizada, o assistente aumentou gradativamente a quantidade adicionada em cada frasco, como apresentado no quadro.

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?

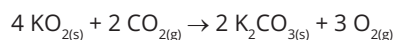


○ 22. (UFSM) Na composição de um medicamento antianêmico, a quantidade necessária de princípio ativo $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, para que se obtenha 10 mg de Fe^{2+} é, aproximadamente,

- 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) $0,04 \times 10^{23}$

○ **25. (UFRGS)** O elemento bromo apresenta massa atômica 79,9. Supondo que os isótopos ^{79}Br e ^{81}Br tenham massas atômicas, em unidades de massa atômica, exatamente iguais aos seus respectivos números de massa, qual será a abundância relativa de cada um dos isótopos?

- a) 75% ^{79}Br e 25% ^{81}Br .
- b) 55% ^{79}Br e 45% ^{81}Br .
- c) 50% ^{79}Br e 50% ^{81}Br .
- d) 45% ^{79}Br e 55% ^{81}Br .
- e) 25% ^{79}Br e 75% ^{81}Br .

○ **26. (UFRGS)** Qual a fórmula molecular do hidrocarboneto que possui 1/6 em massa de hidrogênio na sua composição?

- a) C_4H_8
- b) C_4H_{10}
- c) $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$
- d) C_5H_{12}
- e) C_6H_6

○ **27. (UFRGS)** Por questões econômicas, a medalha de ouro não é 100% de ouro desde os jogos de 1912 em Estocolmo, e sua composição varia nas diferentes edições dos jogos olímpicos. Para os jogos olímpicos de 2016, no Rio de Janeiro, a composição das medalhas foi distribuída como apresenta o quadro abaixo.

Medalha	Composição em massa
Ouro	prata (98,8%) e ouro (1,2%)
Prata	prata (100%)
Bronze	cobre (95%) e zinco (5%)

Considerando que as três medalhas tenham a mesma massa, assinale a alternativa que apresenta as medalhas em ordem crescente de número de átomos metálicos na sua composição.

- a) Medalha de bronze < medalha de ouro < medalha de prata
- b) Medalha de bronze < medalha de prata < medalha de ouro
- c) Medalha de prata < medalha de ouro < medalha de bronze
- d) Medalha de prata < medalha de bronze < medalha de ouro
- e) Medalha de ouro < medalha de prata < medalha de bronze

○ **28. (UFRGS)** A tabela a seguir contém alguns dados sobre as substâncias ácido acetilsalicílico, paracetamol e dipirona sódica, utilizadas como fármacos analgésicos.

Substância	Ácido acetilsalicílico	Paracetamol	Dipirona sódica
Fórmula	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$	$\text{C}_8\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$	$\text{C}_{13}\text{H}_{16}\text{O}_4\text{N}_3\text{Na}$
Massa Molar (g mol^{-1})	180	151	333

Levando em conta três amostras que contêm, cada uma, 10 g de uma dessas substâncias puras, considere as afirmações, abaixo, sobre elas.

- I. A amostra de paracetamol apresentará o maior número de mols de substância.
- II. A amostra de dipirona apresentará a maior massa de oxigênio.
- III. As amostras de ácido acetilsalicílico e de dipirona apresentarão o mesmo número de mols de átomos de oxigênio.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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



○ 29. (UFRGS) A borracha natural é constituída pela união de várias macromoléculas $(C_5H_8)_n$. Sabendo que uma amostra de borracha apresenta $3,01 \times 10^{26}$ átomos de carbono, qual a massa, em gramas, dessa amostra?

- a) 68
- b) 68×5
- c) 68×100
- d) $68 \times 6,02 \times 10^{23}$
- e) $68 \times 3,01 \times 10^{26}$

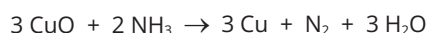
○ 30. (UFRGS) Em 2012, após décadas de pesquisas, cientistas anunciaram, na Suíça, terem detectado uma partícula compatível com o denominado bóson de Higgs, partícula que dá origem à massa. Essa partícula foi detectada no maior acelerador de partículas do mundo, o Large Hadron Collider (LHC), onde são realizadas experiências que consistem em acelerar, em direções opostas, feixes de prótons em velocidades próximas à da luz, fazendo-os colidirem entre si para provocar sua decomposição. Nos experimentos realizados no LHC, são injetados, no acelerador, feixes contendo cerca de 100 bilhões de prótons, obtidos da ruptura de átomos de hidrogênio.

Para obter 100 bilhões de prótons, é necessária uma quantidade de átomos de hidrogênio de, aproximadamente:

- a) $6,02 \cdot 10^{11}$ mols.
- b) $1,66 \cdot 10^5$ mols.
- c) $6,02 \cdot 10^{-1}$ mols.
- d) $3,01 \cdot 10^{-10}$ mols.
- e) $1,66 \cdot 10^{-13}$ mols.



○ 31. (UFRGS) Observe a reação representada abaixo, que pode ser utilizada para obtenção de cobre metálico.



Utilizando essa reação, foram realizados dois experimentos, nos quais se partiu de quantidades diferentes dos reagentes, na ausência de produtos. As massas iniciais dos reagentes e as massas finais dos produtos foram cuidadosamente pesadas. Essas massas, em gramas, encontram-se no quadro abaixo.

Experimento	Substâncias iniciais		Substâncias obtidas			Observação
	CuO	NH ₃	Cu	N ₂	H ₂ O	
1	477	m ₁	381	56	108	Não foi observado nenhum excesso
2	954	m ₂	762	112	216	Excesso de 50 g de NH ₃

A análise desses dados permite concluir que as massas m₁ e m₂ da espécie NH₃ apresentam a relação indicada na alternativa:

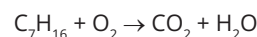
- a) m₂ = m₁ x 2
- b) m₂ = (m₁ x 2) - 50
- c) m₂ = (m₁ x 2) + 50
- d) m₂ = m₁ + (2 x 50)
- e) m₂ = m₁ - (2 x 50)

○ 32. (UFRGS) Aragonita é um mineral de origem sedimentária hidrotermal formado por cristais prismáticos de carbonato de cálcio, CaCO₃.

Uma amostra de 200 g de CaCO₃ puro obtida a partir desse mineral contém o mesmo número de átomos de oxigênio que:

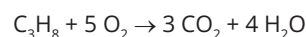
- a) 0,5 mol de CaSO₄.
- b) 1,5 mol de KMnO₄.
- c) 2 mols de C₆H₁₂O₆.
- d) 3 mols de CaO.
- e) 6 mols de NaNO₃.

○ 33. (UFRGS) O número de moléculas de oxigênio necessário para a combustão completa de uma molécula de heptano é igual a:



- a) 8
- b) 11
- c) 14
- d) 15
- e) 22

○ 34. (UFRGS) Um vazamento de gás de cozinha pode provocar sérios acidentes. O gás de cozinha, quando presente no ar em concentração adequada, pode ter sua combustão provocada por uma simples faísca proveniente de um interruptor de luz ou de um motor de geladeira. Essas explosões são, muitas vezes, divulgadas erroneamente como explosões do botijão de gás. A reação de combustão completa de um dos componentes do gás de cozinha é apresentada a seguir:



A partir da equação acima, qual a massa de oxigênio necessária para produzir a combustão completa de 224 litros de propano nas CNTP?

- a) 32 g
- b) 160 g
- c) 320 g
- d) 1.600 g
- e) 3.200 g



○ **35. (UFRGS)** A amônia é obtida industrialmente pela reação do nitrogênio do ar com o hidrogênio. Nessa reação, cada três mols de hidrogênio consumidos formam um número de moléculas de amônia aproximadamente igual a:

- a) $2,0 \cdot 10^{23}$
- b) $3,0 \cdot 10^{23}$
- c) $6,0 \cdot 10^{23}$
- d) $1,2 \cdot 10^{24}$
- e) $1,8 \cdot 10^{24}$

○ **36. (UFRGS)** O dióxido de enxofre lançado na atmosfera pode provocar sérios prejuízos ambientais. Para minimizar esses efeitos, pode-se realizar o tratamento das emissões de chaminés que liberam SO_2 com uma pasta úmida de calcário, em presença de um oxidante.

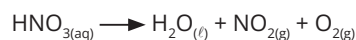
Essa pasta de calcário, em contato com o SO_2 , produz a reação abaixo já ajustada.



Considere que a chaminé de uma determinada indústria emite 160 kg de SO_2 ao dia. Qual a massa diária de carbonato de cálcio necessária para consumir essa quantidade de SO_2 ?

- a) 40 kg
- b) 50 kg
- c) 100 kg
- d) 150 kg
- e) 250 kg

○ **37. (UFRGS)** A decomposição térmica do ácido nítrico na presença de luz libera NO_2 de acordo com a seguinte reação (não balanceada).



Assinale a alternativa que apresenta o volume de gás liberado, nas CNTP, quando 6,3 g de HNO_3 são decompostos termicamente.

- a) 2,24 L
- b) 2,80 L
- c) 4,48 L
- d) 6,30 L
- e) 22,4 L

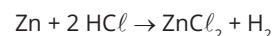
○ **38. (UFRGS 2020)** Nos aterros sanitários, o processo de biodegradação da matéria orgânica ocorre geralmente em condições anaeróbicas (em ausência de oxigênio ou de ar), produzindo gases causadores do efeito estufa, metano e gás carbônico, conforme mostrado na equação abaixo, exemplificada para a glicose.



O volume de gases do efeito estufa, gerado pela decomposição anaeróbica de 0,9 kg de glicose nas CNTP (0°C e 1 atm), será de aproximadamente:

- a) 22,4 L.
- b) 67,2 L.
- c) 125,4 L.
- d) 336,0 L.
- e) 672,0 L.

○ **39. (UFRGS)** Um experimento clássico em aulas práticas de Química consiste em mergulhar pastilhas de zinco em solução de ácido clorídrico. Através desse procedimento, pode-se observar a formação de pequenas bolhas, devido à liberação de hidrogênio gasoso, conforme representado na reação ajustada abaixo.



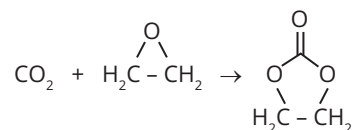
Ao realizar esse experimento, um aluno submeteu 2 g de pastilhas de zinco a um tratamento com ácido clorídrico em excesso.

Com base nesses dados, é correto afirmar que, no experimento realizado pelo aluno, as bolhas formadas liberaram uma quantidade de gás hidrogênio de, aproximadamente:

- a) 0,01 mols.
- b) 0,02 mols.
- c) 0,03 mols.
- d) 0,06 mols.
- e) 0,10 mols.

○ **40. (UFRGS)** Uma das abordagens para reduzir o efeito estufa é a captura do CO_2 e sua transformação em produtos de interesse.

Abaixo é mostrada a reação do CO_2 com óxido de etileno, que leva à formação do carbonato cíclico.



Considerando que a emissão média de CO_2 por km rodado para carros de passeio é de 0,22 kg de CO_2 , a quantidade máxima desse carbonato em quilogramas que poderia ser obtida a partir da emissão de CO_2 de um carro que rodou 100 km em um dia é:

- a) 11
- b) 22
- c) 44
- d) 88
- e) 176



○ 41. (UFRGS) Na combustão do diesel, o enxofre presente é convertido em dióxido de enxofre (SO_2), que é uma das principais causas de chuva ácida. Até o fim de 2013, o diesel S1800, que contém 1.800 ppm de enxofre (ppm = partes por milhão expressa em massa), será totalmente abolido no país. Atualmente, o diesel mais vendido é o diesel S500 (500 ppm de enxofre).

A emissão de SO_2 , por tonelada de diesel, para S500 e S1800, é, respectivamente, de:

- a) 500 g - 1.800 g
- b) 640 g - 900 g
- c) 1.000 g - 3.600 g
- d) 1.600 g - 3.200 g
- e) 2.000 g - 7.200 g

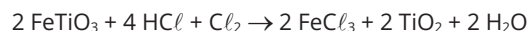
○ 42. (UFRGS 2022) Júlio Verne publicou, em 1865, *Da Terra à Lua* (*De la Terre à la Lune*), que traz uma aventura inusitada para a época, enviar um objeto à Lua a partir de um tiro de canhão. Para o sucesso da missão, um dos desafios era o problema do ar a bordo do projétil, afinal o oxigênio seria consumido, e o ambiente ficaria saturado de gás carbônico. Júlio Verne tinha grandes conhecimentos de Física e Química para a época, e a solução proposta foi utilizar dois processos químicos: aquecimento de clorato de potássio (KClO_3) para produzir O_2 e exposição de potassa cáustica (KOH) para absorver CO_2 . Segundo a ficção, seriam necessários cerca de 3,2 kg de oxigênio por dia para cada tripulante da nave.

A quantidade de clorato de potássio necessário para produzir 3,2 kg de oxigênio é de aproximadamente:

- a) 3,7 kg.
- b) 4,1 kg.
- c) 8,2 kg.
- d) 12,3 kg.
- e) 16,3 kg.

○ 43. (UFRGS) Nas tecnologias de energias renováveis, estudos têm sido realizados com tintas fotovoltaicas contendo nanopartículas de dióxido de titânio, TiO_2 . Essas tintas são capazes de transformar a energia luminosa em energia elétrica.

O dióxido de titânio natural pode ser obtido da ilmenita, um óxido natural de ferro e titânio minerado a partir das areias de praia. A reação de obtenção do dióxido de titânio, a partir da ilmenita, é representada pela reação abaixo já ajustada.

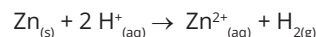


A massa de dióxido de titânio que pode ser obtida, a partir de uma tonelada de areia bruta com 5% de ilmenita, é, aproximadamente:

(Dados: $\text{TiO}_2 = 80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ e $\text{FeTiO}_3 = 152 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

- a) 16 kg
- b) 26,3 kg
- c) 52,6 kg
- d) 105,2 kg
- e) 210,4 kg

○ 44. (UFRGS) Em um experimento, 10 g de uma liga de latão, constituída por Cu e Zn, foram tratados com uma solução de HCl . O Cu não reagiu, mas o Zn reagiu de acordo com:



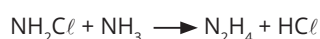
Após o ataque por HCl , a massa do sólido remanescente, filtrado e seco, era igual a 7,8 g.

Com base nesses dados, é correto afirmar que a porcentagem ponderal de Zn na liga era aproximadamente igual a:

- a) 2,2%
- b) 10%
- c) 22%
- d) 50%
- e) 78%



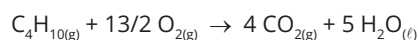
○ 45. (UFRGS) A hidrazina (N_2H_4) é usada como combustível para foguetes e pode ser obtida a partir da reação entre cloramina e amônia, apresentada abaixo.



Assinale a alternativa que apresenta a massa de hidrazina que pode ser obtida pela reação de 10,0 g de cloramina com 10,0 g de amônia.

- a) 5,00 g
- b) 6,21 g
- c) 10,00 g
- d) 20,00 g
- e) 32,08 g

○ 46. (UFRGS) Abaixo são feitas três afirmações a respeito da combustão completa de 5,80 g de butano, conforme a seguinte equação.

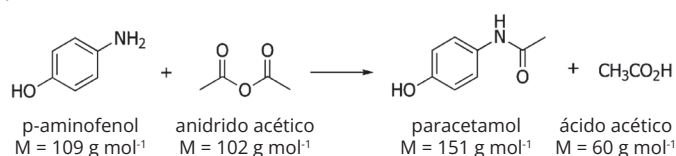


- I. Ocorre o consumo de 0,650 mol de oxigênio.
- II. Ocorre a formação de 90,0 g de água.
- III. Ocorre a produção de 8,96 litros de gás carbônico nas CNTP.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

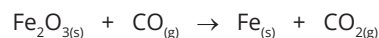
○ 47. (UFRGS) Observe a reação abaixo que ilustra a síntese do paracetamol.



Foi realizada uma síntese de paracetamol usando 218 g de p-aminofenol e 102 g de anidrido acético. Considerando que, para cada comprimido, são necessários 500 mg de paracetamol, qual a quantidade máxima de comprimidos que pode ser obtida?

- a) 204
- b) 218
- c) 302
- d) 422
- e) 640

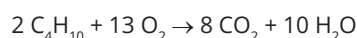
○ 48. (UFRGS) Considere a seguinte reação não balanceada:



Quando 5 mols de Fe_2O_3 reagem com 16 mols de CO com um rendimento de 100%, pode-se afirmar que o reagente limitante e o número de átomos de ferro formados, respectivamente, nessa reação serão:

	Reagente limitante	Átomo de Fe formados
a)	CO	$90,30 \cdot 10^{23}$
b)	Fe_2O_3	$6,02 \cdot 10^{23}$
c)	Fe_2O_3	$60,24 \cdot 10^{23}$
d)	CO	$72,24 \cdot 10^{23}$
e)	Fe_2O_3	$24,08 \cdot 10^{23}$

○ 49. (UFRGS) Observe a equação abaixo, que representa a reação completa da combustão do gás butano.

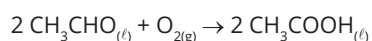


Se nessa reação forem utilizados 58 g de gás butano e 210 g de gás oxigênio:

- a) o gás oxigênio não será totalmente consumido.
- b) serão formados 180 g de água.
- c) o gás butano não será totalmente consumido.
- d) os dois reagentes serão completamente transformados em produtos.
- e) a massa total de produtos formados será de 268 g.



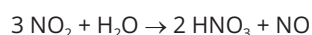
○ 50. (UFRGS) Em um processo de produção de ácido acético, borbulha-se oxigênio no acetaldeído (CH_3CHO), a 60°C , na presença de acetato de manganês (II) como catalisador:



Em um ensaio de laboratório para essa reação, opera-se no vaso de reação com 22,0 gramas de CH_3CHO e 16,0 gramas de O_2 . Quantos gramas de ácido acético são obtidos nessa reação a partir dessas massas de reagentes e qual o reagente limitante, ou seja, o reagente que é completamente consumido?

	Massa de CH_3COOH obtido	Reagente limitante
a)	15,0 g	CH_3CHO
b)	30,0 g	O_2
c)	30,0 g	CH_3CHO
d)	60,0 g	O_2
e)	120,0 g	CH_3CHO

○ 51. (UFRGS) O dióxido de nitrogênio contribui para a formação de chuva ácida como resultado de sua reação com água na atmosfera, de acordo com a equação abaixo.



Na reação entre 2,76 g de NO_2 e 0,54 g de água, ocorre:

- a) excesso de 0,18 g de água.
- b) produção de 1,26 g de ácido nítrico.
- c) formação de 0,90 g de óxido nítrico, NO .
- d) formação de uma massa total de produtos ($\text{HNO}_3 + \text{NO}$) igual a 3,30 g.
- e) consumo de 1,38 g de dióxido de nitrogênio.

○ 52. (UFRGS) Ao preparar-se soro caseiro para ser servido a crianças de uma creche, utilizou-se 1 mol de sacarose ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) e 0,5 mol de cloreto de sódio (NaCl), com água suficiente para se obter cerca de 5 litros do soro. O número total de partículas dos dois solutos presentes nessa solução é cerca de:

- a) $1,5 \cdot 10^{23}$
- b) $3,0 \cdot 10^{23}$
- c) $6,0 \cdot 10^{23}$
- d) $1,2 \cdot 10^{24}$
- e) $9,0 \cdot 10^{24}$

○ 53. (UFRGS) Em uma embalagem de sal de cozinha, consta a seguinte informação:

Cada 1 g contém 355 mg de sódio.

Considerando-se que todo sódio provém do cloreto de sódio, o teor de cloreto de sódio nessa amostra de sal é, aproximadamente:

- a) 10%
- b) 23%
- c) 39%
- d) 58%
- e) 90%



HABILIDADES À PROVA 2

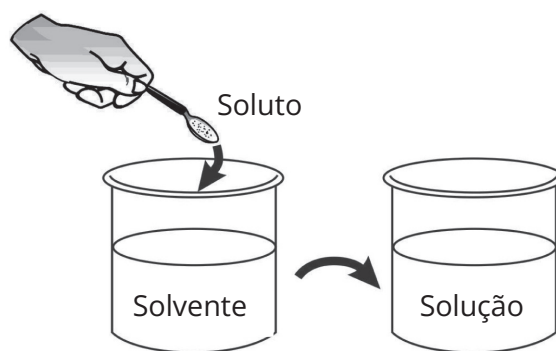
» Soluções

○ 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.

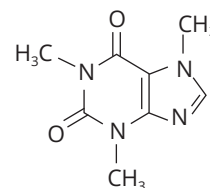


Disponível em: www.sobiologia.com.br. Acesso em: 27 abr. 2010.

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:

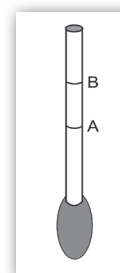
- a) 0,0004
- b) 0,002
- c) 0,4
- d) 2
- e) 4

○ 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.

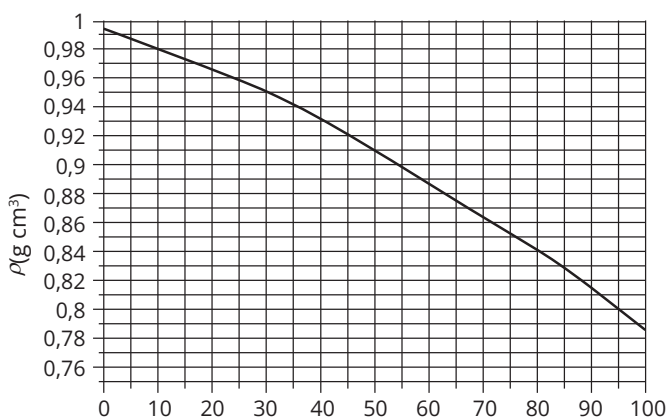


○ 5. (ENEM) O álcool utilizado como combustível automotivo (etanol hidratado) deve apresentar uma taxa máxima de água em sua composição para não prejudicar o funcionamento do motor. Uma maneira simples e rápida de estimar a quantidade de etanol nas misturas com água é medir a densidade da mistura. O 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 $50,0 \text{ cm}^3$ de álcool combustível tenham massa igual a $45,0 \text{ g}$. 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 $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ 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 desbalanceamento 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 $64,8 \text{ g}$ 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?

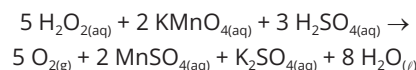
Dados: Massas molares (em $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$): $\text{Mg} = 24,3$; $\text{Cl} = 35,4$; $\text{O} = 16$; $\text{H} = 1$.

- 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 $20,0 \text{ mL}$ de uma solução $0,1 \text{ mol/L}$ de peróxido de hidrogênio é igual a:

- a) $2,0 \cdot 10^0 \text{ mol}$
- b) $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
- c) $8,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$
- d) $8,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
- e) $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$



○ **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:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 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:

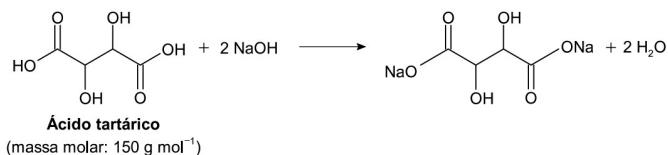
- 1,08 bilhões de litros.
- 1,20 bilhões de litros.
- 1,33 bilhões de litros.
- 8,00 bilhões de litros.
- 8,80 bilhões de litros.

○ **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?

- 10 mL
- 50 mL
- 100 mL
- 200 mL
- 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:

- 1,8 g L⁻¹
- 2,4 g L⁻¹
- 3,6 g L⁻¹
- 4,8 g L⁻¹
- 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, n° 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:

- 1
- 29
- 60
- 170
- 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 $0,009 \text{ mol/L}$ 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, $2,7 \text{ g}$, $5,4 \text{ g}$, $8,1 \text{ g}$ e $10,8 \text{ g}$ 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 $0,5 \text{ L}$. 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 $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. A concentração do ácido acético, nessa amostra, é de

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

○ **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

○ **20. (UFRGS 2024)** Na coluna da esquerda abaixo, estão listados sistemas materiais; na da direita, sua classificação.

Considerando que pode haver repetição, associe as duas colunas.

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| () Gás de cozinha no ar | 1 – Suspensão |
| () Poeira no ar | 2 – Solução coloidal |
| () Neblina | 3 – Solução verdadeira |
| () Vapor d'água no ar | 4 – Emulsão |

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 1 – 2 – 3 – 4.
- b) 3 – 1 – 3 – 1.
- c) 2 – 4 – 2 – 3.
- d) 3 – 2 – 4 – 1.
- e) 3 – 1 – 2 – 3.



○ 21. (UFRGS 2024) Quando se misturam 30 mL de uma solução 0,80 mol L⁻¹ de NaOH com 70 mL de uma solução 0,30 mol L⁻¹ de HCl, tem-se uma solução

- a) ácida, com concentração de H⁺ 0,45 mol L⁻¹.
- b) ácida, com concentração de H⁺ 0,03 mol L⁻¹.
- c) neutra.
- d) básica, com concentração de OH⁻ 0,03 mol L⁻¹.
- e) básica, com concentração de OH⁻ 0,45 mol L⁻¹.

○ 22. (UFRGS) Um determinado sal apresenta solubilidade em água igual a 135 g/L, a 25°C. Dissolvendo-se, completamente, 150 g desse sal em um litro de água, a 40°C, e resfriando-se lentamente o sistema até 25°C, obtém-se um sistema homogêneo cuja solução será:

- a) diluída.
- b) concentrada.
- c) insaturada.
- d) saturada.
- e) supersaturada.

○ 23. (UFRGS) Na tabela abaixo, são mostradas a densidade e a solubilidade em água de 3 solventes orgânicos.

Solvente	Densidade (g·ml ⁻¹)	Solubilidade em água
Acetona	0,78	Miscível
Clorofórmio	1,48	Imiscível
Pentano	0,63	Imiscível

Considerando a adição de cada um desses solventes à água (densidade = 1 g·mL⁻¹), é correto afirmar que:

- a) a adição de clorofórmio levará à formação de uma solução homogênea.
- b) a adição de clorofórmio levará a uma mistura heterogênea com clorofórmio na fase inferior.
- c) a adição de acetona levará a uma mistura heterogênea com a acetona na fase superior.
- d) a adição de pentano levará à formação de uma solução homogênea.
- e) a adição de pentano levará a uma mistura heterogênea com pentano na fase inferior.

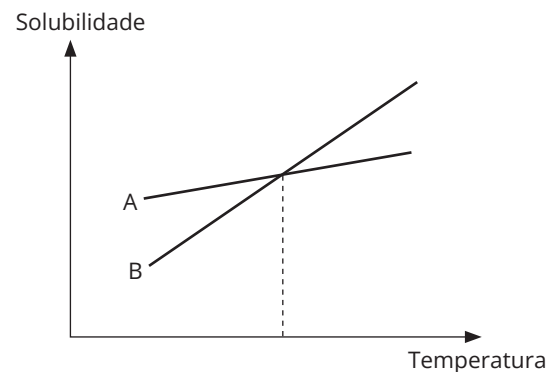
○ 24. (UFRGS) Um estudante analisou três soluções aquosas de cloreto de sódio, adicionando 0,5 g desse mesmo sal em cada uma delas. Após deixar as soluções em repouso em recipientes fechados, ele observou a eventual presença de precipitado e filtrou as soluções, obtendo as massas de precipitado mostradas no quadro abaixo.

Solução	Precipitado
1	Nenhum
2	0,5 g
3	0,8 g

O estudante concluiu que as soluções originais 1, 2 e 3 eram, respectivamente:

- a) não saturada - não saturada - saturada
- b) não saturada - saturada - supersaturada
- c) saturada - não saturada - saturada
- d) saturada - saturada - supersaturada
- e) supersaturada - supersaturada - saturada

○ 25. (UFRGS) Observe o gráfico e a tabela abaixo, que representam a curva de solubilidade aquosa (em gramas de soluto por 100 g de água) do nitrato de potássio e do nitrato de sódio em função da temperatura.



T (°C)	KNO ₃	NaNO ₃
60	115	125
65	130	130
75	160	140

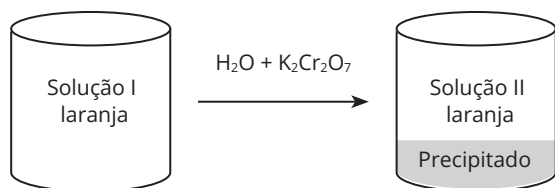
Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A curva A diz respeito ao, e a curva B, ao Considerando duas soluções aquosas saturadas e sem precipitado, uma de KNO₃ e outra de NaNO₃, a 65 °C, o efeito da diminuição da temperatura acarretará a precipitação de

- a) nitrato de potássio - nitrato de sódio - nitrato de potássio
- b) nitrato de potássio - nitrato de sódio - nitrato de sódio
- c) nitrato de sódio - nitrato de potássio - nitrato de sódio
- d) nitrato de sódio - nitrato de potássio - ambas
- e) nitrato de potássio - nitrato de sódio - ambas



○ 26. (UFRGS) A uma solução I aquosa saturada de $K_2Cr_2O_7$ de cor laranja é adicionada água pura até dobrar seu volume, mantendo-se a temperatura constante. A seguir, são adicionados alguns cristais de $K_2Cr_2O_7$, sob agitação constante, até que ocorra o aparecimento de um precipitado de $K_2Cr_2O_7$, obtendo-se a solução II, conforme esquematizado no desenho abaixo.



Considerando as concentrações de $K_2Cr_2O_7$ nessas soluções, pode-se afirmar que:

- a) a concentração na solução I é o dobro da concentração na solução II.
- b) o precipitado é solubilizado quando se misturam as soluções I e II.
- c) a tonalidade laranja da solução I é mais intensa que a tonalidade laranja da solução II.
- d) a solução I deve apresentar maior ponto de ebulição que a solução II, quando considerados os efeitos coligativos.
- e) a concentração da solução I é igual à concentração da solução II.

○ 27. (UFRGS) A tabela abaixo mostra a solubilidade do ácido benzoico ($C_7H_6O_2$) em água.

Temperatura (°C)	10	80
Solubilidade (g/100 mL de H_2O)	0,21	2,75

Um estudante deve purificar, através de recristalização, uma amostra de 10 g de ácido benzoico, tendo disponíveis 300 mL de H_2O . Para tanto, inicialmente, ele solubiliza a amostra, utilizando toda a água disponível, aquecida a uma temperatura de $80^\circ C$, e efetua sua filtração. Após, resfria o sistema e filtra novamente, a uma temperatura de $10^\circ C$.

A quantidade máxima de ácido benzoico recristalizado que pode ser obtida é de, aproximadamente:

- a) 0,21 g
- b) 0,63 g
- c) 2,75 g
- d) 7,62 g
- e) 8,25 g

○ 28. (UFRGS) A dose adequada de paracetamol para uma criança com febre é de $12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Sabendo que o paracetamol de uso pediátrico tem concentração de $200 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ e que 20 gotas perfazem 1 mL, quantas gotas um pediatra receitaria para uma criança que pesa 30 kg?

- a) 50 gotas.
- b) 36 gotas.
- c) 30 gotas.
- d) 20 gotas.
- e) 18 gotas.

○ 29. (UFRGS) A quantidade de etanol presente na gasolina deve respeitar os limites estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo. O Governo, para forçar a diminuição do preço do etanol, tem reduzido o teor desse componente na gasolina.

Um aluno, para determinar o teor de etanol presente na gasolina, realizou um experimento adicionando 50 mL de gasolina e 50 mL de água a um cilindro graduado com tampa. Após agitar a solução, o aluno observou a presença de duas fases, uma superior e outra inferior

constatando que a fase superior continha 35 mL de líquido.

Sabendo-se que a densidade dos hidrocarbonetos é menor que a da água, é correto afirmar que, na gasolina testada pelo aluno, o teor de álcool, em volume/volume, é de, aproximadamente:

- a) 15%
- b) 30%
- c) 35%
- d) 60%
- e) 70%

○ 30. (UFRGS) O soro fisiológico é uma solução aquosa que contém 0,9% em massa de $NaCl$. Para preparar 200 mL dessa solução, a quantidade necessária de $NaCl$ é de, aproximadamente:

- a) 0,45 g
- b) 1,8 g
- c) 0,09 mol
- d) 0,18 mol
- e) 10,6 g

○ 31. (UFRGS) Um aditivo para radiadores de automóveis é composto de uma solução aquosa de etilenoglicol. Sabendo que, em um frasco de 500 mL dessa solução, existem cerca de 5 mols de etilenoglicol ($C_2H_6O_2$), a concentração comum dessa solução, em g/L, é:

- a) 0,010
- b) 0,62
- c) 3,1
- d) 310
- e) 620



○ **32. (UFRGS)** O trióxido de arsênio, As_2O_3 , é utilizado como quimioterápico no tratamento de alguns tipos de leucemia mieloide aguda. O protocolo de um determinado paciente indica que ele deva receber uma infusão intravenosa com 4,95 mg de trióxido de arsênio, diluídos em soro fisiológico até o volume final de 250 mL.

A concentração em mol/L de trióxido de arsênio, na solução utilizada nessa infusão, é:

- a) $1,0 \times 10^{-1}$
- b) $2,5 \times 10^{-2}$
- c) $1,0 \times 10^{-4}$
- d) $2,5 \times 10^{-5}$
- e) $1,0 \times 10^{-6}$

○ **33. (UFRGS)** Soluções formadas por constituintes líquidos costumam ter sua concentração expressa em porcentagem de volume. Em soluções alcoólicas, essa porcentagem é indicada em °GL (graus Gay-Lussac). No rótulo de um vinho produzido na serra gaúcha, lê-se que o teor de álcool (etanol) é de 13°GL.

Isso significa que:

- a) em 130 mL desse vinho, existem 100 mL de etanol.
- b) em 870 mL desse vinho, existem 100 mL de etanol.
- c) em 870 mL desse vinho, existem 130 mL de etanol.
- d) em 1000 mL desse vinho, existem 130 mL de etanol.
- e) em 1000 mL desse vinho, existem 870 mL de etanol.

○ **34. (UFRGS)** Soluções de ureia, $(NH_2)_2CO$, podem ser utilizadas como fertilizantes. Uma solução foi obtida pela mistura de 210 g de ureia e 1.000 g de água. A densidade da solução final é 1,05 g/mL. A concentração da solução, em percentual de massa de ureia e em mol/L, respectivamente, é:

	Porcentagem de massa	Concentração em mol/L
a)	17,4%	3,04
b)	17,4%	3,50
c)	20,0%	3,33
d)	21,0%	3,04
e)	21,0%	3,50

○ **35. (UFRGS)** O atleta Michael Phelps é considerado um fenômeno na natação. Contribuiu para esse sucesso uma particularidade metabólica que lhe confere uma recuperação fora do comum. Enquanto a maior parte dos nadadores, depois das competições, apresenta uma média de 10 milimols de ácido láctico por litro de sangue, o nadador campeão apresenta apenas 5,6 milimols.

Veja, nº 2.073, p. 122, 13 ago. 2008.

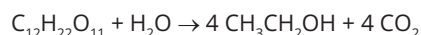
As concentrações de ácido láctico ($C_3H_6O_3$), em gramas por litro de sangue, que correspondem, respectivamente, a 10 milimols/L e 5,6 milimols/L, são de, aproximadamente:

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

○ **36. (UFRGS)** No processo de fluoretação de água para abastecimento de cidades, a concentração recomendada de fluoreto é da ordem de $5,0 \cdot 10^{-5}$ mol/L. Se a substância utilizada é o NaF, sua concentração em mg/L deve ser de, aproximadamente:

- a) 0,95
- b) 2,1
- c) 4,2
- d) $5,0 \cdot 10^2$
- e) $8,4 \cdot 10^2$

○ **37. (UFRGS)** A fermentação alcoólica é um processo biológico no qual açúcares como a sacarose, conforme reação abaixo, são convertidos em energia celular, com produção de etanol e dióxido de carbono como resíduos metabólicos.



A quantidade, em g, de açúcar necessária para preparar 1 L de aguardente, contendo 46% em massa de etanol, é aproximadamente:

- a) 46
- b) 171
- c) 342
- d) 855
- e) 1.710



○ 38. (UFRGS 2022) Para higienização de superfícies, pode-se utilizar uma solução de hipoclorito de sódio, NaClO , a 0,5%, deixando-a agir por 1 minuto. Para preparar essa solução, deve-se utilizar 230 mL de solução de água sanitária a 2,0% e diluir com água filtrada para preparar 1L de solução. Após, colocar em um borrifador e deixar em local sem incidência de luz para evitar a diminuição da concentração de cloro ativo na solução.

O valor aproximado da concentração, em $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, da solução de água sanitária a 2,0% é de:

- a) $2,0 \times 10^{-2}$.
- b) $7,0 \times 10^{-2}$.
- c) $2,7 \times 10^{-1}$.
- d) $5,4 \times 10^0$.
- e) $3,0 \times 10^2$.

○ 39. (UFRGS) O soro fisiológico é uma solução aquosa 0,9% em massa de NaCl . Um laboratorista preparou uma solução contendo 3,6 g de NaCl em 20 mL de água.

Qual volume aproximado de água será necessário adicionar para que a concentração corresponda à do soro fisiológico?

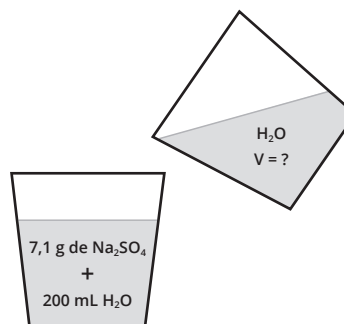
- a) 20 mL
- b) 180 mL
- c) 380 mL
- d) 400 mL
- e) 1.000 mL



○ 40. (UFRGS) O volume, em mililitros, de uma solução 0,5 mol/L de AgNO_3 necessário para preparar 200 mililitros de uma solução 0,1 mol/L desse sal é igual a:

- a) 10
- b) 20
- c) 25
- d) 40
- e) 50

○ 41. (UFRGS) Um estudante realizou uma diluição conforme mostrado na figura abaixo:



Supondo que a densidade da água, bem como a da solução inicial seja de $1,0 \text{ g mL}^{-1}$, qual será o volume de solução de água adicionado para que a solução passe a ter a concentração de $0,2 \text{ mol L}^{-1}$?

- a) 25 mL
- b) 50 mL
- c) 100 mL
- d) 200 mL
- e) 250 mL

○ 42. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Em uma aula de Química, o professor misturou 20 mL de uma solução $1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ de HNO_3 com 30 mL de uma solução $0,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ de KOH . A solução daí resultante terá um excesso de _____, cuja concentração será de _____.

- a) ácido - $0,1 \text{ mol L}^{-1}$
- b) ácido - $0,2 \text{ mol L}^{-1}$
- c) ácido - $0,3 \text{ mol L}^{-1}$
- d) base - $0,1 \text{ mol L}^{-1}$
- e) base - $0,2 \text{ mol L}^{-1}$



○ **43. (UFRGS)** Os químicos, no passado, utilizaram muito o benzeno como solvente. Atualmente o uso de benzeno é restrito, pois sabe-se que ele é cancerígeno. O limite tolerado de exposição ao benzeno é de 3,2 mg por metro cúbico de ar.

Essa concentração é equivalente a:

- a) $4,1 \times 10^{-8}$ mol/L
- b) 0,041 mol/L
- c) $2,2 \times 10^{-5}$ mol/L
- d) $2,2 \times 10^{-3}\%$ em massa
- e) 0,022% em massa

○ **44. (UFRGS)** Dissolveram-se 8 gramas de NaOH em uma quantidade de água suficiente para preparar 200 mL de solução. Indique o volume da solução assim preparada que será necessário para neutralizar 50 mL de uma solução de HNO₃ 0,1 mol/L.

- a) 1 mL
- b) 5 mL
- c) 10 mL
- d) 25 mL
- e) 50 mL

○ **45. (UFRGS 2020)** Uma solução é preparada misturando-se 40,00 mL de NaOH de concentração 0,30 mol L⁻¹ e 60,00 mL de KOH 0,20 mol L⁻¹.

As concentrações molares de íons Na⁺, K⁺ e OH⁻ na solução resultante serão, em mol L⁻¹, respectivamente:

- a) 0,012; 0,012 e 0,024.
- b) 0,04; 0,06 e 0,10.
- c) 0,12; 0,12 e 0,12.
- d) 0,12; 0,12 e 0,24.
- e) 0,30; 0,20 e 0,50.

Anotações:



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-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.

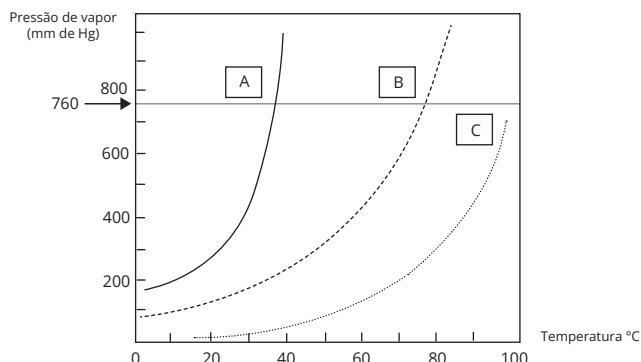
() A ebulição da água preta ocorre em temperatura menor que 100 °C.

() A análise crioscópica da água preta apresenta temperatura de fusão maior que a água pura.

A sequência correta é

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

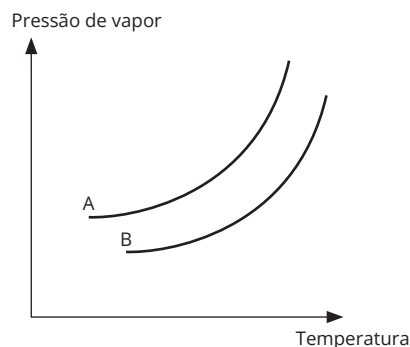
○ **7. (UFRGS)** Considere o gráfico de pressão de vapor *versus* temperatura para três substâncias puras, A, B e C, abaixo apresentado.



Quanto às propriedades dessas substâncias, é correto afirmar:

- a) que as três apresentam a mesma temperatura-padrão de ebulição.
- b) que a substância C é a mais volátil.
- c) que, a 30°C e 760 mm de Hg, a substância A se encontra no estado gasoso.
- d) que, a 80°C e 600 mm de Hg, as substâncias A e B estão no estado gasoso e C se encontra no estado líquido.
- e) que, a 90°C e 760 mm de Hg, a substância A se encontra no estado gasoso e B e C estão no estado líquido.

○ **8. (UFRGS)** Observe o gráfico abaixo, referente à pressão de vapor de dois líquidos, A e B, em função da temperatura.



Considere as afirmações abaixo sobre o gráfico.

- I. O líquido B é mais volátil que o líquido A.
- II. A temperatura de ebulição de B, a uma dada pressão, será maior que a de A.
- III. Um recipiente contendo somente o líquido A em equilíbrio com o seu vapor terá mais moléculas na fase vapor que o mesmo recipiente contendo somente o líquido B em equilíbrio com seu vapor, na mesma temperatura.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **9. (UFRGS)** Na gastronomia, empregam-se diversos conhecimentos provindos de diferentes áreas da química. Considere os conhecimentos químicos listados no bloco superior abaixo e os processos relacionados à produção e à conservação de alimentos, listados no bloco inferior.

Associe adequadamente o bloco inferior ao superior.

- 1. Propriedades coligativas
- 2. Coloides
- 3. Emulsões
- 4. Reversibilidade de reações

- () Produção de charque
- () Preparo de gelatina
- () Preparo de maionese

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

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



○ 10. (UFRGS) Assinale a alternativa que apresenta uma situação em que se faz uso de uma propriedade coligativa.

- a) Preparação de charque por adição de sal à carne.
- b) Adição de suco de limão para talhar o leite.
- c) Uso de sulfato de alumínio para tratamento de água.
- d) Abaixamento da temperatura da água para adicionar CO_2 .
- e) Adição de álcool anidro à gasolina.

○ 11. (UPF 2021) Os efeitos coligativos se aplicam em soluções, por exemplo, a água pura ($\text{H}_2\text{O}_{(l)}$) à pressão de 1 atm possui temperatura de fusão de 0°C e temperatura de ebulição de 100°C , no entanto, ao adicionar-se um soluto não volátil a este sistema, este soluto modifica as propriedades do referido sistema.

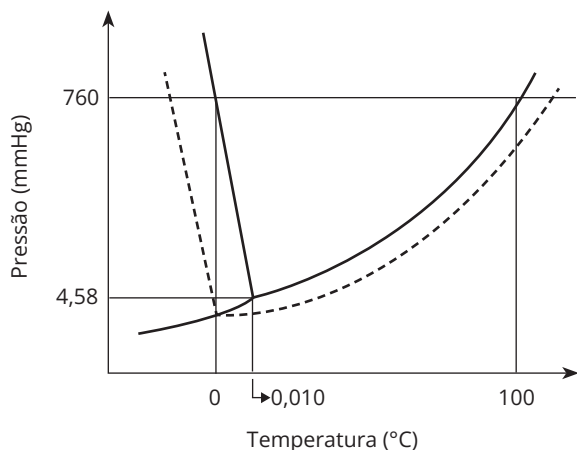
Assim, analise as seguintes assertivas e julgue-as como verdadeiras (V) ou falsas (F) em relação ao acréscimo do soluto no sistema.

- () a modificação coligativa na propriedade da diminuição da pressão de vapor se chama tonoscopia.
- () os efeitos coligativos dependem somente do número de partículas do soluto dissolvidas.
- () quanto maior for o número de partículas do soluto dissolvidas, menores serão os efeitos coligativos.
- () a modificação coligativa na propriedade do aumento da temperatura de ebulição se chama ebulioscopia.
- () a osmose não é um tipo de propriedade coligativa.
- () ao acrescentar sal de cozinha numa água pura, o sistema vai congelar abaixo de 0°C e sua temperatura de ebulição vai estar acima de 100°C , este efeito se chama crioscopia.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

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

○ 12. (UFRGS) O gráfico abaixo representa os diagramas de fases da água pura e de uma solução aquosa de soluto não volátil.



Considere as seguintes afirmações a respeito do gráfico.

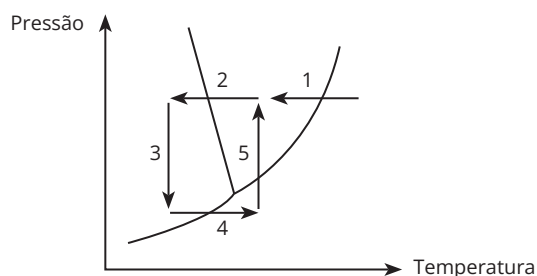
- I. As curvas tracejadas referem-se ao comportamento observado para a solução aquosa.
- II. Para uma dada temperatura, a pressão de vapor do líquido puro é maior que a da solução aquosa.
- III. A temperatura de congelação da solução é menor que a do líquido puro.
- IV. A $0,010^\circ\text{C}$ e 4,58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

Quais estão corretas?

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

○ 13. (UFRGS) Em viagens espaciais, é crucial que os mantimentos sejam leves e ocupem pouco espaço. Nessas situações, os alimentos são preparados por liofilização e precisam, antes do consumo, ser reidratados e reaquecidos. No processo de liofilização, a temperatura da amostra é reduzida até abaixo de 0°C , de modo que toda a água presente congele. Na sequência, a pressão é reduzida até abaixo da pressão do ponto triplo e, finalmente, o alimento é lentamente aquecido até uma temperatura acima do ponto de congelamento, de modo que a água sublime lentamente. Como resultado das três etapas do processo, há perda de até 97% do conteúdo de água.

Considere o diagrama de fases da água esquematizado abaixo.



O processo de liofilização acima descrito pode ser representado nesse diagrama pela sequência de etapas:

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



○ 14. (UFRGS) Considere o quadro abaixo.

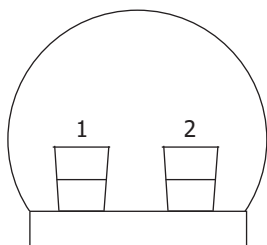
	Soluto	Solvente	Concentração em mol/litro
I	MgBr ₂	H ₂ O	1,5
II	Al(NO ₃) ₃	H ₂ O	1,0
III	Ca(NO ₃) ₂	H ₂ O	2,0
IV	NaCl	H ₂ O	3,0
V	CuCl ₂	H ₂ O	2,5

As soluções que apresentam, respectivamente, a maior temperatura de ebulição e a maior temperatura de congelamento são:

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

○ 15. (UFRGS) Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas no texto abaixo, na ordem em que aparecem.

Dois copos contendo igual volume de líquido são colocados sob uma campânula impermeável, como na figura que segue.



O copo 1 contém água do mar, e o copo 2, água pura. Com o tempo, o líquido do copo 1 apresentará um volume _____ líquido do copo 2. Esse fato se explica pelo efeito _____.

- a) maior que o - tonoscópico
- b) menor que o - tonoscópico
- c) igual ao - osmótico
- d) maior que o - osmótico
- e) menor que o - osmótico

○ 16. (UFRGS) A medida do abaixamento da pressão de vapor de um solvente, causado pela adição de um soluto não volátil, é obtida pela:

- a) criometria.
- b) osmometria.
- c) tonometria.
- d) ebuliometria.
- e) termometria.

○ 17. (UFRGS) O sal é utilizado para provocar o derretimento de neve e de gelo nas estradas de países frios e também para conservar a carne, como no processamento do charque. A utilização de sal nessas duas situações corresponde, respectivamente, aos seguintes efeitos coligativos:

- a) efeito crioscópico - pressão osmótica
- b) pressão osmótica - pressão osmótica
- c) efeito tonoscópico - efeito crioscópico
- d) pressão osmótica - efeito tonoscópico
- e) efeito crioscópico - efeito crioscópico

○ 18. (UFRGS) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Uma solução injetável foi preparada de modo inadequado, pois, ao entrar na corrente sanguínea, promoveu o inchamento e a ruptura dos glóbulos vermelhos. A solução é, portanto, em relação ao soro sanguíneo, e a concentração de soluto é àquela que deveria ter sido preparada.

- a) hipotônica - superior
- b) hipotônica - inferior
- c) isotônica - superior
- d) hipertônica - superior
- e) hipertônica - inferior

○ 19. (UFRGS) Um dos segredos descobertos pelos químicos, no processo de mumificação, é a desidratação dos cadáveres através da utilização de soluções salinas de alta concentração e viscosidade. A desidratação é possível e explicada pelo fenômeno da:

- a) salinização.
- b) neutralização.
- c) osmose.
- d) hidrólise.
- e) umidificação.

○ 20. (UFRGS) Analise as soluções aquosas abaixo discriminadas:

- I. C₁₂H₂₂O₁₁ 0,040 mol/L
- II. AgNO₃ 0,025 mol/L
- III. Na₂CO₃ 0,020 mol/L
- IV. MgCl₂ 0,010 mol/L

Qual das afirmações abaixo é correta, considerando que as espécies iônicas estão 100% ionizadas?

- a) A pressão de vapor da solução III é mais alta que a pressão de vapor da solução IV.
- b) O ponto de congelamento da solução IV é o mais alto de todas as soluções acima.
- c) A pressão osmótica da solução II é maior do que a pressão osmótica da solução III.
- d) A solução I tem ponto de ebulição mais elevado do que o ponto de ebulição da solução II.
- e) O ponto de ebulição da solução I é o mais baixo de todas as soluções acima.



○ 21. (UFRGS) Um laboratorista preparou três soluções diferentes, I, II e III, cada uma delas contendo 1.000 g de água e as quantidades de soluto indicadas abaixo.

Solução	Massa de soluto
I	5,85 g de NaCl
II	18,0 g de glicose (C ₆ H ₁₂ O ₆)
III	34,2 g de sacarose (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)

A respeito das pressões osmóticas (π) de cada uma das soluções, é correto afirmar que:

- a) $\pi(I) < \pi(II) < \pi(III)$
- b) $\pi(I) > \pi(II) > \pi(III)$
- c) $\pi(I) = \pi(II) = \pi(III)$
- d) $\pi(I) > \pi(II) = \pi(III)$
- e) $\pi(I) = \pi(II) < \pi(III)$



○ 22. (UFRGS) Qual das soluções aquosas abaixo apresenta a menor pressão de vapor a 25°C?

- a) CaCl₂ 0,02 mol/L
- b) NaCl 0,02 mol/L
- c) K₂SO₄ 0,01 mol/L
- d) KCl 0,01 mol/L
- e) C₁₂H₂₂O₁₁ 0,03 mol/L

○ 23. (UFRGS) A seguir são arroladas algumas soluções aquosas de solutos iônicos ou moleculares com suas respectivas concentrações em mol/L.

- I. NaCl 0,20 mol/L
- II. Glicose 0,30 mol/L
- III. Al(NO₃)₃ 0,25 mol/L
- IV. Sacarose 0,50 mol/L
- V. Ca(NO₃)₂ 0,40 mol/L

A ordem crescente de ponto de congelamento das soluções, admitindo-se ionização total dos compostos iônicos, corresponde à sequência:

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

○ 24. (UFRGS) O efeito sobre a pressão de vapor causado por 0,58 g de NaCl dissolvido em 1,0 kg de H₂O é aproximadamente o mesmo que seria obtido dissolvendo-se, nessa mesma quantidade de solvente:

- a) 0,58 g de KCl.
- b) 1,80 g de C₆H₁₂O₆.
- c) 0,58 g de NaBr.
- d) 1,20 g de (NH₂)₂CO.
- e) 1,06 g de Na₂CO₃.

○ 25. (UFRGS 2020) Os compostos abaixo apresentam a seguinte ordem decrescente de pressão de vapor a 15 °C:

éter dimetílico >> etanol > água.

Considere as afirmações abaixo que explicam esse efeito.

- I. Deve-se à maior massa molar das substâncias menos voláteis.
- II. Deve-se à presença de ligações de hidrogênio em maior proporção na água do que no etanol e ausentes no éter dimetílico.
- III. Deve-se à elevada polaridade do éter.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 26. (UFRGS 2020) A dessalinização da água do mar é um processo que transforma água do mar em água potável e garante o abastecimento de milhões de pessoas no mundo. Abaixo são descritas algumas técnicas empregadas nesse processo.

1. Aquecimento da água do mar, seguido de evaporação e condensação do vapor d'água.
2. Resfriamento da água do mar até formação de gelo, composto essencialmente de água pura.
3. Passagem da água do mar por uma membrana semipermeável, através da aplicação de uma pressão elevada.

As propriedades coligativas, envolvidas nas técnicas descritas nos itens 1, 2 e 3, podem ser classificadas, respectivamente, como:

- a) ebulioscopia, crioscopia e osmose reversa.
- b) destilação, cristalização e filtração a vácuo.
- c) destilação, congelamento e filtração a vácuo.
- d) ebulioscopia, tonoscopia e osmose reversa.
- e) tonoscopia, crioscopia e osmose.



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.

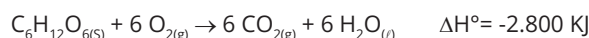


○ **9. (ENEM)** O etanol é um combustível renovável obtido da cana-de-açúcar e é menos poluente do que os combustíveis fósseis, como a gasolina e o diesel. O etanol tem densidade 0,8 g/cm³, massa molar 46 g/mol e calor de combustão aproximado de -1.300 kJ/mol. Com o grande aumento da frota de veículos, 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.

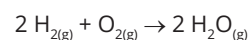


Considere as massas molares (em g · mol⁻¹): H = 1; C = 12; O = 16. LIMA, L.M.; FRAGA, C. A.; BARREIRO, E. J. Química na saúde. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010 (adaptado).

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.

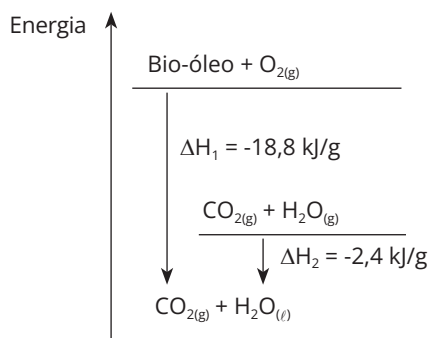
Qual é a variação da entalpia, em quilojoule, da reação de combustão do hidrogênio contido no cilindro?

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

Anotações:



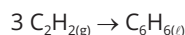
○ 12. (ENEM) O aproveitamento de resíduos florestais vem se tornando cada dia mais atrativo, pois eles são uma fonte renovável de energia. A figura representa a queima de um bio-óleo extraído do resíduo de madeira, sendo ΔH_1 a variação de entalpia devido à queima de 1 g desse bio-óleo, resultando em 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.



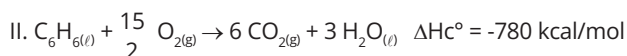
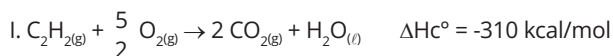
A variação de entalpia, em kJ, para a queima de 5 g desse bio-óleo, resultando em CO_2 (gasoso) e H_2O (gasoso), é:

- 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:



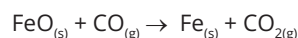
A energia envolvida nesse processo pode ser calculada indiretamente pela variação de entalpia das reações de combustão das substâncias participantes, nas mesmas condições experimentais:



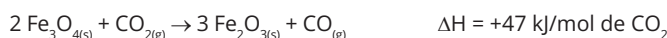
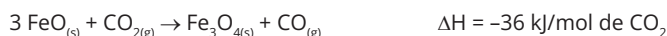
A variação de entalpia do processo de trimerização, em kcal, para a formação de um mol de benzeno, é mais próxima de:

- 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:



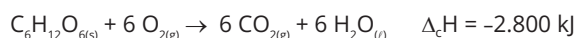
Considere as seguintes equações termoquímicas:



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:

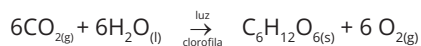


O processo anaeróbico é menos vantajoso energeticamente porque:

- 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 clorofilados pode ser representada da seguinte forma:

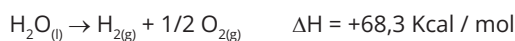


Substância	ΔH_f° (entalpia de formação) 25°C, 1 atm (kJ mol ⁻¹)
CO _{2(g)}	-393,5
H ₂ O _(l)	-285,8
C ₆ H ₁₂ O _{6(s)}	-1.274,4
O _{2(g)}	0

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.

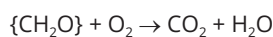
Estão corretas

- 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)

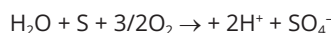
Algumas das reações de degradação da matéria orgânica no solo são apresentadas a seguir.



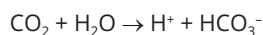
Matéria orgânica



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.

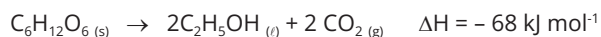
IV. A oxidação biológica de compostos orgânicos produz CO₂, o qual reage com a água para formar ácido carbônico, que se dissocia e contribui para acidificação.

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

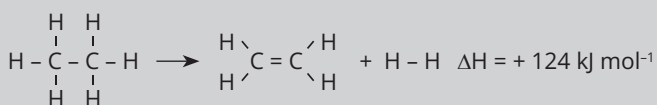
Substância	ΔH_f° (kJ mol ⁻¹)
C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	- 1275
CO ₂ (g)	- 394

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

- 950.
- 556.
- 278.
- 68.
- 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,

- 124.
- 436.
- 684.
- 872.
- 1368.

22. (UFRGS) Considere as seguintes afirmações em relação à energia térmica em reações químicas.

I. A formação do cloro atômico, a partir do cloro molecular, é uma reação endotérmica.

II. A reação $\text{CaO}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2(s)$ representa a reação de formação do hidróxido de cálcio.

III. O oxigênio, na forma ozônio, possui entalpia de formação nula porque é uma substância pura.

Quais estão corretas?

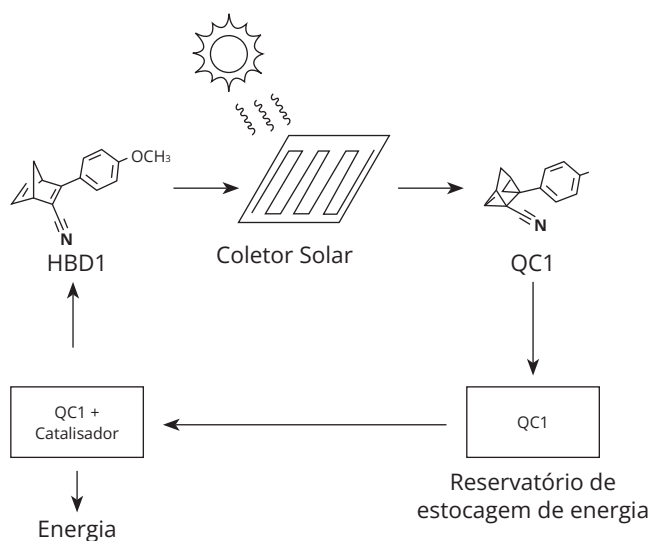
- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas I e II.
- I, II e III.

23. (UFRGS) Em nosso cotidiano, ocorrem processos que podem ser endotérmicos (absorvem energia) ou exotérmicos (liberam energia). Assinale a alternativa que contém apenas fenômenos exotérmicos ou apenas fenômenos endotérmicos.

- explosão de fogos de artifício - combustão em motores de automóveis - formação de geada
- secagem de roupas - formação de nuvens - queima de carvão
- combustão em motores de automóveis - formação de geada - evaporação dos lagos
- evaporação de água dos lagos - secagem de roupas - explosão de fogos de artifício
- queima de carvão - formação de geada - derretimento de gelo

24. (UFRGS 2022) Cientistas desenvolveram um composto orgânico líquido (NBD1 = norbornadieno com dois substituintes na mesma dupla ligação), que foi chamado de combustível termo solar. Ele funciona como uma bateria recarregável, que, no lugar de eletricidade, é carregado com luz solar e, no momento necessário, libera energia na forma de calor.

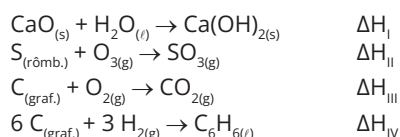
A figura abaixo mostra como o sistema funciona. O NBD1, na presença de luz solar, rearranja-se no quadriciclano (QC1), que pode ser armazenado por longo tempo. Quando necessário, QC1 é misturado com um catalisador, regenerando o NBD1. O NBD1 retorna para o painel solar, e o calor liberado na reação é usado para o aquecimento do sistema de água residencial.



Em relação, respectivamente, à reação de rearranjo do norbornadieno no quadriciclano QC1 (NBD1 → QC1) e à reação de rearranjo do quadriciclano em norbornadieno (QC1 → NBD1), é possível afirmar que:

- a) a primeira é exotérmica e a segunda, endotérmica.
- b) a primeira é endotérmica e a segunda, exotérmica.
- c) a primeira é atérmica e a segunda, exotérmica.
- d) as duas são exotérmicas.
- e) as duas são endotérmicas.

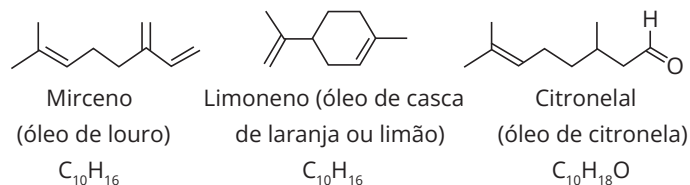
○ 25. (UFRGS) Observe as quatro equações termoquímicas abaixo:



Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.

- a) Os calores envolvidos nas reações correspondem todos a entalpias de formação.
- b) ΔH_{I} corresponde a um calor de neutralização.
- c) ΔH_{III} e ΔH_{IV} são calores de formação.
- d) ΔH_{II} e ΔH_{III} são calores de combustão.
- e) ΔH_{I} corresponde a um calor de solubilização.

○ 26. (UFRGS) A destilação de folhas de plantas de algumas frutas com vapor de água produz misturas líquidas de fragrâncias chamadas de óleos essenciais. Muitos desses óleos são usados como matérias-primas para as indústrias cosmética, farmacêutica e alimentícia. Abaixo são mostradas as estruturas e as fórmulas moleculares dos principais componentes de alguns óleos essenciais.



Considere as seguintes afirmações a respeito da combustão completa desses compostos.

- I. A combustão de um mol de cada um desses compostos leva à formação da mesma quantidade de CO_2 .
- II. A combustão de um mol de mirceno e de um mol de limoneno leva à formação da mesma quantidade de água.
- III. A combustão de um mol de limoneno e de um mol de citronelal leva à formação de diferentes quantidades de água.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 27. (UFRGS) O selênio é um elemento que exibe alotropia, isto é, pode ser encontrado em mais de uma forma sólida diferente. A forma mais estável é o selênio cinza, mas esse elemento também pode ser encontrado como selênio α e como selênio vítreo.

Sabendo que a entalpia de formação do selênio α é de $6,7 \text{ kJ mol}^{-1}$, e que a entalpia de formação do óxido de selênio gasoso é de $53,4 \text{ kJ mol}^{-1}$ a entalpia da reação $2 \text{Se}_{(s, \alpha)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{SeO}_{2(g)}$ será:

- a) $-120,2 \text{ kJ mol}^{-1}$
- b) $-60,1 \text{ kJ mol}^{-1}$
- c) $46,7 \text{ kJ mol}^{-1}$
- d) $93,4 \text{ kJ mol}^{-1}$
- e) $106,8 \text{ kJ mol}^{-1}$



○ 28. (UFRGS) Considere as seguintes entalpias de formação a 25°C , expressas em kJ.

Substância	ΔH_f
$\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	-726
$\text{CO}_{2(g)}$	-394
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-286

Esses dados permitem concluir que a entalpia correspondente à combustão completa de um mol de metanol a 25°C , expressa em kJ, é igual a:

- a) -1.406
- b) -240
- c) -46
- d) +46
- e) +240

○ 29. (UFRGS) Se o efeito térmico da reação $A + B \rightarrow R + S$ é ΔH_{298}° , o efeito térmico da reação química $2R + 2S \rightarrow 2A + 2B$ é igual a:

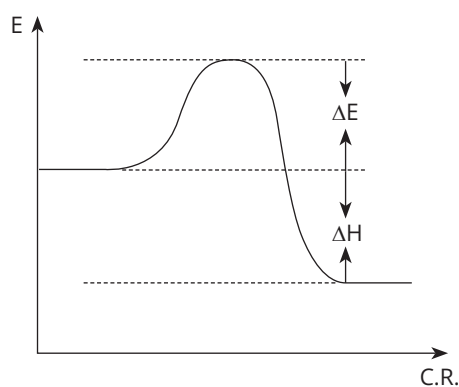
- a) $-\Delta H_{298}^\circ$
- b) $-1/2 \Delta H_{298}^\circ$
- c) $-2 \Delta H_{298}^\circ$
- d) ΔH_{298}°
- e) $1/\Delta H_{298}^\circ$



○ 30. (UFRGS) O calor de formação do $\text{CO}_{2(g)}$, na temperatura de 25°C , é $\Delta H_{298}^\circ = -393,5 \text{ kJ/mol}$. A partir desse dado, pode-se afirmar que o efeito térmico, ΔH_{298}° , resultante da combustão de 1 grama de carbono, é igual a:

- a) -393,5 kJ
- b) -32,8 kJ
- c) 32,8 kJ
- d) 131,2 kJ
- e) 393,5 kJ

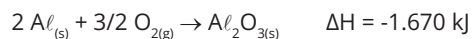
○ 31. (UFRGS) A cloração do metano ocorre através de cisões homolíticas: $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$. A partícula reagente que realmente ataca o metano é o radical cloro, e, intermediariamente, forma-se o radical metila. A variação de energia, em função do desenvolvimento da reação, está ilustrada no gráfico:



O gráfico da reação caracteriza-se como sendo:

- a) de iniciação.
- b) início de reação em cadeia.
- c) início de reação em equilíbrio.
- d) endotérmico.
- e) exotérmico.

○ 32. (UFRGS) A reação do alumínio com o oxigênio é altamente exotérmica e pode ser representada como segue.



A quantidade de calor, expressa em kJ, liberada na combustão de 1 grama de alumínio é aproximadamente igual a:

- a) 15
- b) 31
- c) 62
- d) 835
- e) 1.670

○ 33. (UFRGS) Considerando as energias de ligação (ΔH) dos ácidos inorgânicos:

Ácido	Ligação	H (kcal/mol) 25°C, 1 atm
HF	H - F	+135,0
HCl	H - Cl	+103,0
HBr	H - Br	+88,0
HI	H - I	+71,4

Analise as afirmativas:

- I. Os valores de ΔH são positivos, porque a quebra de ligações é um processo exotérmico.
- II. Dentre os compostos dados, HI é o menos estável.
- III. HF possui ligação mais fraca que o HI.

Está(ão) correta(s):

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

○ 34. (UFRGS) Abaixo é apresentado um quadro com algumas energias de ligação no estado gasoso:

Ligações	Energia (KJ/mol)
H - H	470,7
Cl - Cl	242,5
O = O	489,2
N \equiv N	940,8
H - Cl	431,5
H - Br	365,9
H - I	298,6

São feitas as seguintes afirmações:

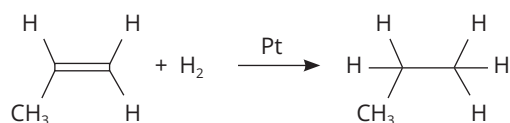
- I. É preciso mais energia para decompor a molécula de oxigênio do que para decompor a molécula de nitrogênio.
- II. A molécula de HCl deve ser mais estável do que as moléculas de HBr e HI.
- III. Entre as moléculas gasosas H_2 , O_2 e Cl_2 , a molécula do Cl_2 é a menos estável.
- IV. A reação $\text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{HCl}_{(g)}$ deve ser endotérmica.

Quais estão corretas?

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



○ 35. (UFRGS) A reação de hidrogenação do propeno catalisada pela platina, apresentada abaixo, é um importante método sintético aplicado na indústria petroquímica.



Considere os seguintes valores de energias de dissociação, em $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

$$\Delta H_{\text{C}=\text{C}}^{\circ} = 612$$

$$\Delta H_{\text{C}-\text{C}}^{\circ} = 348$$

$$\Delta H_{\text{H}-\text{H}}^{\circ} = 436$$

$$\Delta H_{\text{C}-\text{H}}^{\circ} = 412$$

Desses dados, conclui-se que o efeito térmico da reação apresentada, expresso em kJ , é aproximadamente igual a:

- a) -228
- b) -124
- c) +124
- d) +224
- e) +288

○ 36. (UFRGS) Observe a seguinte tabela.

Ligação	$\Delta H (\text{kJ mol}^{-1})$
C - H	412
C - C	348
C = C	612
H - H	436

De acordo com as entalpias de ligação relacionadas na tabela, qual será a variação de entalpia da reação de hidrogenação do trans-2-buteno?

- a) -124 kJ mol^{-1}
- b) -80 kJ mol^{-1}
- c) +44 kJ mol^{-1}
- d) +80 kJ mol^{-1}
- e) +124 kJ mol^{-1}



○ 37. (UFRGS) Com base no seguinte quadro de entalpias de ligação, assinale a alternativa que apresenta o valor da entalpia de formação da água gasosa.

Ligação	Entalpia (kJ mol^{-1})
H - O	464
H - H	436
O = O	498
O - O	134

- a) -243 kJ mol^{-1}
- b) -134 kJ mol^{-1}
- c) +243 kJ mol^{-1}
- d) +258 kJ mol^{-1}
- e) +1.532 kJ mol^{-1}

○ 38. (UFRGS) A reação de cloração do metano, em presença de luz, é mostrada abaixo.



Considere os dados de energia das ligações abaixo.

- C - H = 105 kcal mol^{-1}
- C - Cl = 58 kcal mol^{-1}
- H - Cl = 103 kcal mol^{-1}

A energia da ligação C - Cl, no composto CH_3Cl , é:

- a) 33 kcal mol^{-1}
- b) 56 kcal mol^{-1}
- c) 60 kcal mol^{-1}
- d) 80 kcal mol^{-1}
- e) 85 kcal mol^{-1}

○ 39. (UFRGS) De acordo com a Lei de Hess, a variação de entalpia de uma reação depende apenas dos estados inicial e final.

Considere as afirmações abaixo, sobre a Lei de Hess.

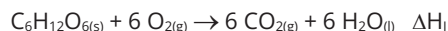
- I. A reação reversa de uma reação endotérmica é sempre exotérmica.
- II. A reação de combustão de um açúcar produzindo CO_2 e água terá a mesma variação de entalpia, caso ocorra em um calorímetro ou no organismo humano.
- III. Um catalisador adequado propicia um caminho com menor diferença de entalpia entre reagente e produtos.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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



○ **40. (UFRGS)** No metabolismo dos vegetais, quando se considera o balanço energético, deve-se levar em conta que a energia dos vegetais é obtida através da “queima” de substâncias como a glicose, cuja combustão metabólica pode ser equacionada da seguinte maneira:



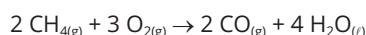
A glicose, por sua vez, é sintetizada numa das reações mais importantes da natureza, a fotossíntese, cuja equação está representada abaixo.



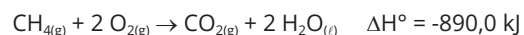
Com base nesses dados, assinale a alternativa correta, a respeito do balanço energético no metabolismo de vegetais.

- a) Para que o vegetal não consuma, na síntese da glicose, toda a energia obtida na sua combustão, deve-se ter $\Delta H_I \neq -\Delta H_{II}$.
- b) As duas reações são exceções da Lei de Hess.
- c) Para que haja um bom rendimento em termos energéticos, deve-se ter, em módulo, $\Delta H_I > \Delta H_{II}$.
- d) Como, em módulo, $\Delta H_I < \Delta H_{II}$, os vegetais precisam necessariamente de outras fontes energéticas além da glicose.
- e) A combinação das duas reações constitui exemplo de interconversão de energia.

○ **41. (UFRGS)** O metano, principal componente do gás natural, pode sofrer combustão incompleta segundo a reação descrita pela equação abaixo.



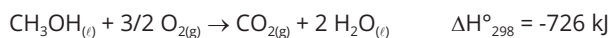
Considere as seguintes equações termoquímicas.



Dadas essas equações termoquímicas, é possível obter o valor de ΔH° da equação acima. Esse valor é, em kJ:

- a) -324,0
- b) -607,0
- c) -1.214
- d) -1.455
- e) -2.346

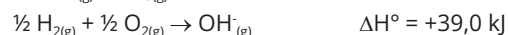
○ **42. (UFRGS)** Considere as seguintes equações termoquímicas.



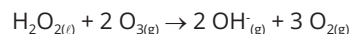
Combinando essas equações, é possível obter o valor da entalpia padrão de formação do metanol a 25°C. Esse valor, em kJ, é aproximadamente igual a:

- a) -726
- b) -239
- c) -47
- d) +239
- e) +726

○ **43. (UFRGS)** Considere as seguintes reações termoquímicas.



Utilizando as equações acima, pode-se deduzir o valor de ΔH° para a reação de formação de radicais hidroxila, segundo a reação representada pela equação abaixo.



O valor de ΔH° assim obtido é de:

- a) +65,8 kJ
- b) -111,9 kJ
- c) +104,8 kJ
- d) -150,9 kJ
- e) +267,9 kJ

○ **44. (UFRGS)** A Lei de Hess, elaborada pelo químico suíço Germain Henry Hess, em 1840, afirma, em terminologia moderna, que a variação de entalpia de uma reação química depende apenas dos reagentes de partida e dos produtos finais, e não depende do número de conversão dos primeiros nos últimos.

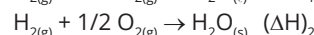
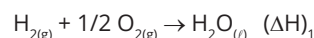
A respeito da Lei de Hess, considere as seguintes afirmações:

- I. O metabolismo de um mol de glicose no organismo, formando gás carbônico e água, e a combustão de um mol de glicose em um calorímetro liberam a mesma quantidade de calor.
- II. Se, em uma reação de isomerização, o conteúdo de entalpia do produto for inferior ao do reagente, a reação será exotérmica.
- III. Há sempre a mesma variação de entalpia para uma dada reação de combustão de hidrocarbonetos, não importando se a água formada for líquida ou gasosa.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **45. (UFRGS)** Considere as seguintes reações, na temperatura de 25°C.

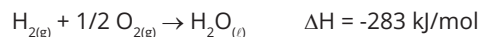


A diferença entre os efeitos térmicos, $(\Delta H)_1 - (\Delta H)_2$, é igual:

- a) a zero.
- b) ao calor de vaporização da água.
- c) ao calor de fusão do gelo.
- d) ao calor de condensação do vapor de água.
- e) ao calor de solidificação da água.



○ 46. (UFRGS) A reação global da célula de combustível está representada na equação termoquímica abaixo.

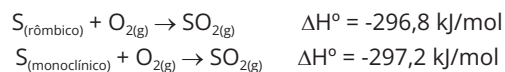


Sabendo-se que cada grama de água absorve 2,28 kJ de calor ao vaporizar, a entalpia de formação de um mol de água gasosa é:

- a) 2,28 kJ
- b) 41 kJ
- c) -41 kJ
- d) 242 kJ
- e) -242 kJ

○ 47. (UFRGS) As formas alotrópicas mais estáveis do enxofre elementar são enxofre rômico e enxofre monoclinico.

Considere as equações termoquímicas abaixo.

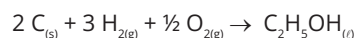


A partir dessas equações, é possível calcular ΔH° para a transição $S_{(r\acute{o}mbico)} \rightarrow S_{(monoclinico)}$.

Assinale a alternativa que indica o calor envolvido na formação de 6,4 g de enxofre monoclinico a partir da forma rômica.

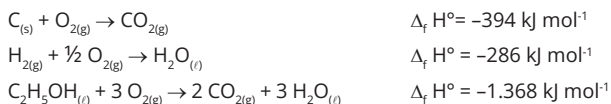
- a) -0,08 kJ
- b) +0,08 kJ
- c) -0,4 kJ
- d) +0,4 kJ
- e) -594 kJ

○ 48. (UFRGS 2020) A reação de formação do etanol é definida abaixo.



Embora essa reação, tal como está escrita, não possa ser realizada em laboratório, pode-se calcular seu efeito térmico, mediante uma combinação adequada de outras reações.

Usando as reações abaixo,



a entalpia da reação de formação do etanol, em kJ mol^{-1} , é:

- a) -2.048.
- b) -1.368.
- c) -278.
- d) +394.
- e) +2.048.

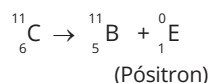
Anotações:



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:



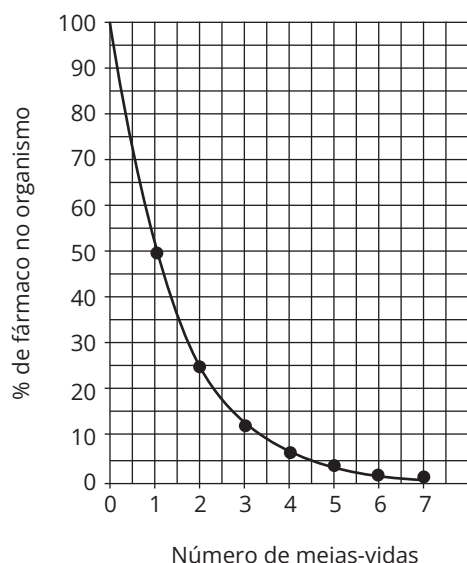
A partir da injeção de glicose marcada com esse núclídeo, o tempo de aquisição de uma imagem de tomografia é de cinco meias-vidas.

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

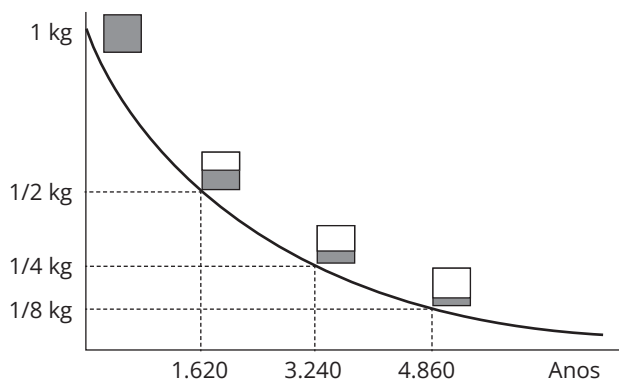
Após o período de 40 dias, a massa residual desse isótopo é mais próxima de:

- 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, n° 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

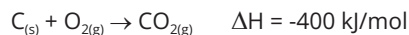
Para uma mesma intensidade de radiação, a que tem o menor poder de penetração em tecidos é a radiação

- a) alfa.
- b) gama.
- c) raios X.
- d) elétrons.
- e) 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?

- a) 2,10
- b) 7,70
- c) 9,00
- d) 33,0
- e) 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:

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

- a) Cartilaginoso.
- b) Sanguíneo.
- c) Muscular.
- d) Nervoso.
- e) 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?

- a) Fissão nuclear do urânio, provocada por nêutrons.
- b) Fusão nuclear do hidrogênio, provocada por prótons.
- c) Desintegração nuclear do plutônio, provocada por elétrons.
- d) Associação em cadeia de chumbo, provocada por pósitrons.
- e) 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.

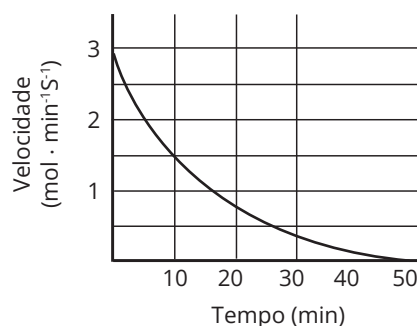
A geração dessa energia tem como característica:

- 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.

○ 20. (UFRGS) Em uma reação monomolecular de primeira ordem, a fração de reagente consumido depois de decorridas três meias-vidas é igual a:

- a) 1/8
- b) 1/4
- c) 2/3
- d) 3/4
- e) 7/8

○ 21. (UFRGS) Considere o gráfico a seguir, correspondente a uma reação elementar de primeira ordem.



Com base nesse gráfico, é possível concluir que a meia-vida do reagente, expressa em minutos, é igual a:

- a) 0,5
- b) 1,5
- c) 10
- d) 25
- e) 50



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 nº 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).

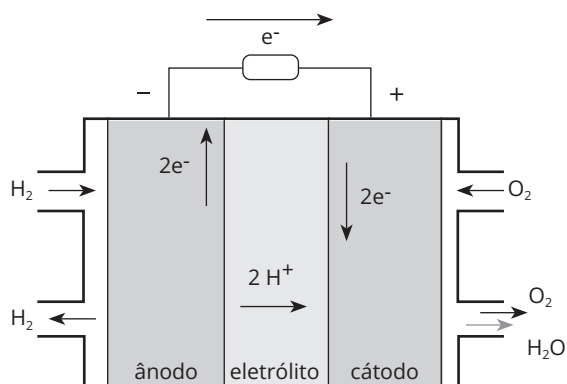
Uma medida que poderia contribuir para acabar definitivamente com o problema da poluição ambiental por metais pesados relatado no texto seria:

- 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. Nº 15, maio 2002.



Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica, por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio, diferencia-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	$H_2 + 2 OH^- \rightarrow 2 H_2O + 2e^-$ $\frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2 e^- \rightarrow 2 OH^-$
MSFC	600 - 1.000	Carbonatos de lítio, sódio e/ou potássio fundidos	$H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$ $\frac{1}{2}O_2 + CO_2 + 2 e^- \rightarrow CO_3^{2-}$
PEM	60 - 100	Ácido poliperfluorossulfônico sólido	$H_2 \rightarrow 2 H^+ + 2e^-$ $\frac{1}{2}O_2 + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2O$
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:

- a) AFC.
- b) MSFC.
- c) PEM.
- d) PAFC.
- e) 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?

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

- c) Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.
- d) Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
- e) 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:

- a) maior caráter ácido.
- b) maior número de oxidação.
- c) menor potencial de redução.
- d) menor capacidade de reação.
- e) 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 por uma presença de poluentes e da umidade na atmosfera, causando danos 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

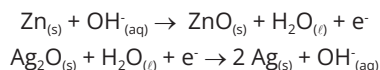
MOTTA, I. S. Calda bordalesa: utilidades e preparo. Dourados: Embrapa, 2008 (adaptado).

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

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

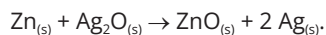


○ 11. (ENEM) Pilhas e baterias são dispositivos tão comuns em nossa sociedade que, sem percebermos, carregamos vários deles junto ao nosso corpo; elas estão presentes em aparelhos de MP3, relógios, rádios, celulares etc. As semirreações descritas a seguir ilustram o que ocorre em uma pilha de óxido de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



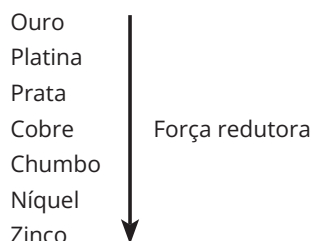
Pode-se afirmar que essa pilha:

- 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

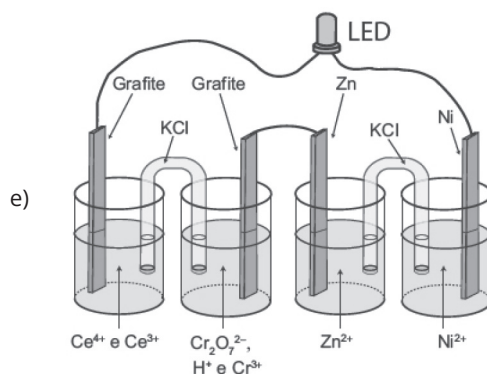
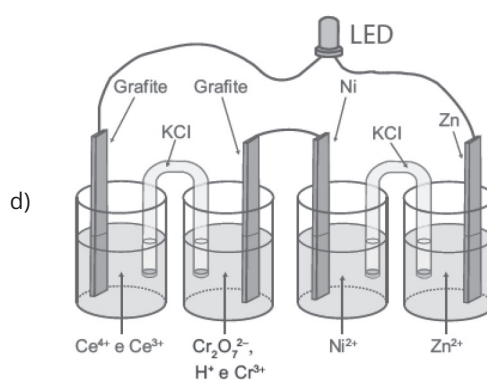
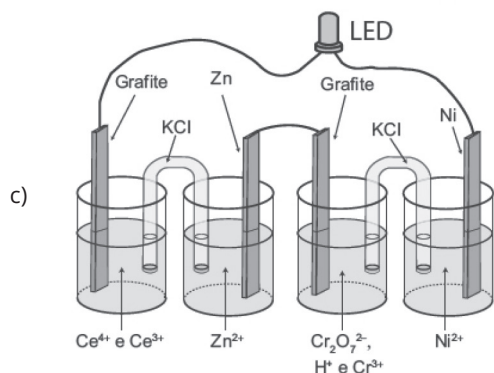
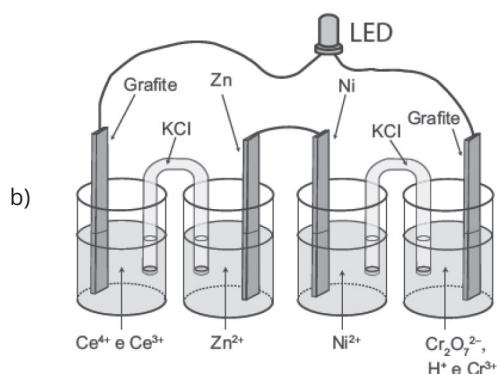
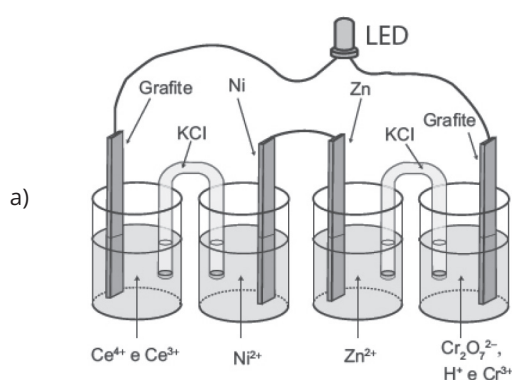
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.



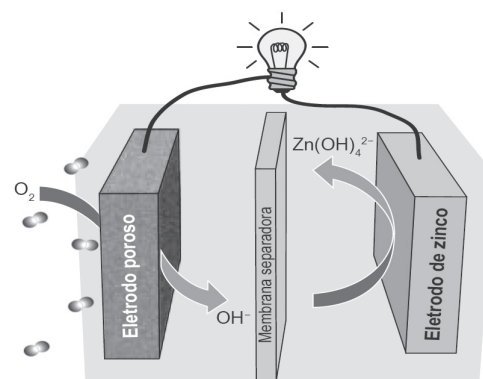
○ 15. (ENEM) A invenção do LED azul, que permite a geração de outras cores para compor a luz branca, permitiu a construção de lâmpadas energeticamente mais eficientes e mais duráveis do que as incandescentes e fluorescentes. Em um experimento de laboratório, pretende-se associar duas pilhas em série 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, nº 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.

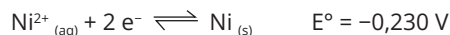


Essa bateria é adequada para o funcionamento de qual dispositivo eletrônico?

- 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.

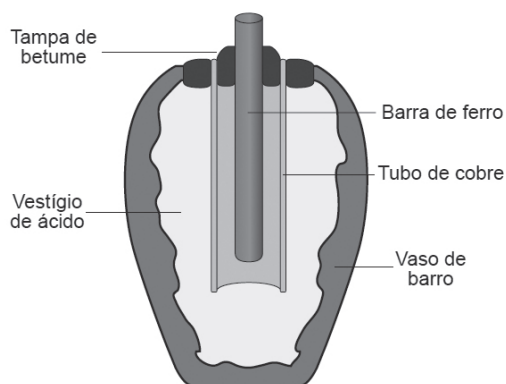
Com bases nas informações apresentadas, são suscetíveis de serem formados no solo os compostos:

- 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 Kōnig, 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://jornalggn.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.

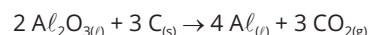
○ **22. (ENEM)** Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio 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:

a) cátodo: $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$

ânodo $\begin{cases} 2 \text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- \\ \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \end{cases}$

b) cátodo $\begin{cases} 2 \text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- \\ \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \end{cases}$

ânodo: $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$

c) cátodo $\begin{cases} \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al} \\ 2 \text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- \end{cases}$

ânodo: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

d) cátodo $\begin{cases} \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al} \\ \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \end{cases}$

ânodo: $2 \text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^-$

e) cátodo $\begin{cases} 2 \text{O}^{2-} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{e}^- \\ \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al} \end{cases}$

ânodo: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

○ **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

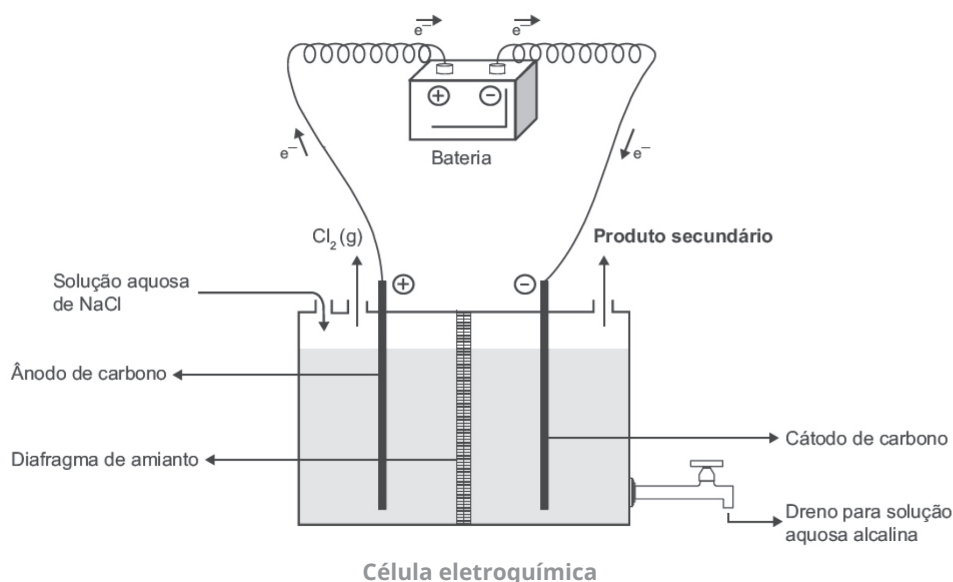
c) 2,40 g

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.

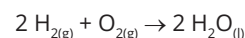
○ 26. (ENEM 2021) Um produto, obtido industrialmente da eletrólise de solução aquosa de cloreto de sódio, tem sido amplamente empregado na indústria, por exemplo, na fabricação de papéis, tecidos e sabões. Normalmente, esse produto é usado na desobstrução de encanamentos e sumidouros, pois é capaz de 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:

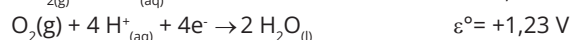
- a) cloro molecular, Cl_2 .
- b) ácido clorídrico, HCl .
- c) ácido sulfúrico, H_2SO_4 .
- d) hidróxido de sódio, NaOH .
- e) carbonato de sódio, Na_2CO_3 .



○ 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 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)
$\text{Li}^+ + e^- \rightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ca}$	-2,87
$2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2$	0,00
$\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$	+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)
$\text{Li} \rightleftharpoons \text{Li}^+ + e^-$	+3,04
$\text{Ca} \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2e^-$	+2,87
$\text{Al} \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 3e^-$	+1,66
$\text{Cr} \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+} + 3e^-$	+0,74
$\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2e^-$	0,00
$\text{Ag} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + e^-$	-0,80
$\text{Hg} \rightleftharpoons \text{Hg}^{2+} + 2e^-$	-0,85

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

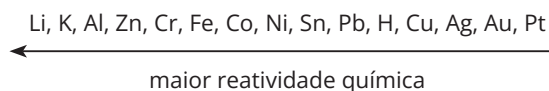
Considerando os valores dos Potenciais de Oxidação apresentados na tabela, é possível afirmar:

- 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.



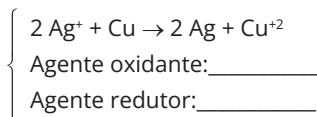
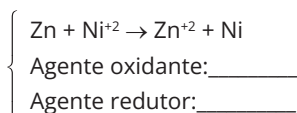
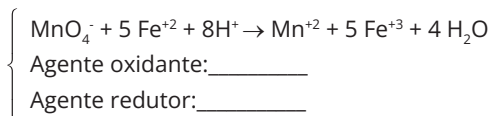
32. (UFSM)

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

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.

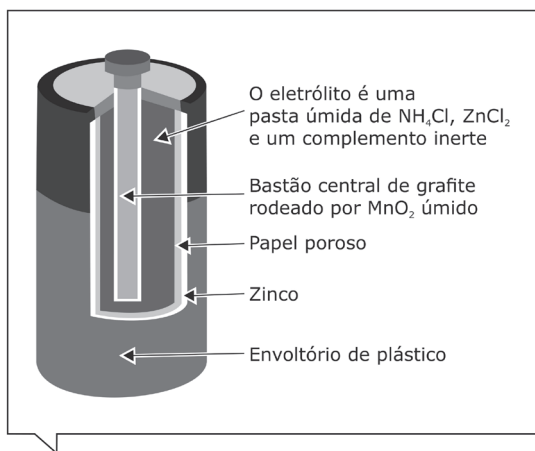
- () O hidróxido de níquel III é o agente oxidante, formando o cátodo da pilha.
- () O sentido do fluxo de elétrons é do hidróxido de níquel III para o cádmio
- () A diferença de potencial da pilha de níquel/cádmio é de +0,6V, sendo o níquel o agente redutor da pilha.
- () O polo negativo está no cádmio,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



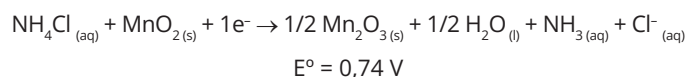
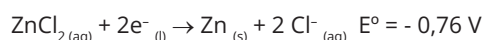
34. (UFSM 2023) Observe a figura:



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:



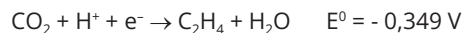
Então, é possível afirmar:

- 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.

35. (UFRGS 2024) Uma alternativa limpa e sustentável nos tempos atuais para mitigar o efeito estufa envolve a conversão eletroquímica do gás carbônico a eteno, conforme apresentado na equação abaixo (não balanceada).



Sobre essa semirreação, são feitas as seguintes afirmações.

- I. O CO_2 sofre redução.
- II. A quantidade de elétrons consumidos por molécula de CO_2 é igual a 8.
- III. 2,33 g de eteno são formados para cada mol de elétrons fornecidos ao sistema.

Quais estão corretas?

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

36. (UFRGS) Pessoas que apresentam dentes com restaurações metálicas podem sentir um pequeno choque ao colocarem na boca pedaços de metal, como, por exemplo, o papel alumínio de um chocolate. O alumínio, com o meio ácido da boca, provoca a transferência de elétrons para o metal da restauração, causando esse choque. Com base no fenômeno descrito, pode-se afirmar que o alumínio:

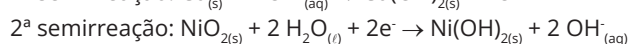
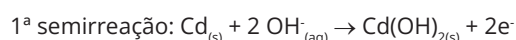
- a) sofre redução, funcionando como cátodo.
- b) provoca a oxidação do metal da restauração.
- c) é o agente oxidante, pois sofre redução.
- d) é o agente redutor, pois sofre redução.
- e) sofre oxidação, funcionando como ânodo.

37. (UFRGS) A força eletromotriz de uma célula eletroquímica depende:

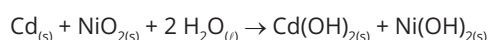
- a) da natureza dos eletrodos.
- b) do tamanho dos eletrodos.
- c) da distância entre os eletrodos.
- d) da forma dos eletrodos.
- e) do volume de solução eletrolítica.



○ **38. (UFRGS)** Um tipo comum de célula galvânica recarregável é a bateria “nicad”, utilizada em pequenos aparelhos e calculadoras. As reações de descarga dessa pilha são:



A reação global da pilha é:



Os hidróxidos insolúveis de níquel e cádmio depositam-se nos eletrodos e, por essa razão, as semirreações são facilmente revertidas no recarregamento da bateria. O potencial padrão de cada semirreação acima, quando escrita na forma de redução, é:

1ª semirreação: potencial padrão de redução = -0,815 V

2ª semirreação: potencial padrão de redução = +0,490 V

Assinale a alternativa correta.

	Reação do ânodo	Espécie que reage no ânodo	Reação do cátodo	Espécie que reage no cátodo	Potencial padrão de pilha
a)	1ª semirreação: redução	Cd	2ª semirreação: oxidação	Ni	+1,305 V
b)	2ª semirreação: oxidação	NiO ₂	1ª semirreação: redução	Cd	-1,305 V
c)	1ª semirreação: oxidação	Cd	2ª semirreação: redução	NiO ₂	+1,305 V
d)	1ª semirreação: oxidação	Cd	2ª semirreação: redução	NiO ₂	-0,325 V
e)	2ª semirreação: redução	NiO ₂	1ª semirreação: oxidação	Cd	+0,325 V

○ **39. (UFRGS)** A pilha comum, também chamada de pilha seca ou de leclanché, apresenta as seguintes semirreações, escritas na forma de redução.

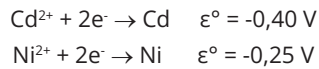
Semirreação	Potencial padrão de redução, ε°
$\text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow \text{Zn}_{(s)}$	-0,76 V
$2 \text{NH}_4^{+}_{(aq)} + 2 \text{MnO}_{2(s)} + 2e^{-} \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_{3(s)} + 2 \text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	+0,75 V

Assinale a única afirmação **incorreta** a respeito desse dispositivo funcionando como célula galvânica.

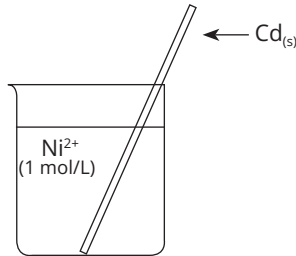
- A placa de zinco constitui o ânodo da célula.
- No cátodo da célula, ocorre redução de MnO₂ a Mn₂O₃.
- A f.e.m padrão da célula é 1,51 V.
- A célula transfere elétrons com uma tensão de 0,01 V.
- Ocorre oxidação do zinco metálico durante o funcionamento da célula.



○ 40. (UFRGS) Considere as seguintes semirreações, com seus respectivos potenciais de redução.



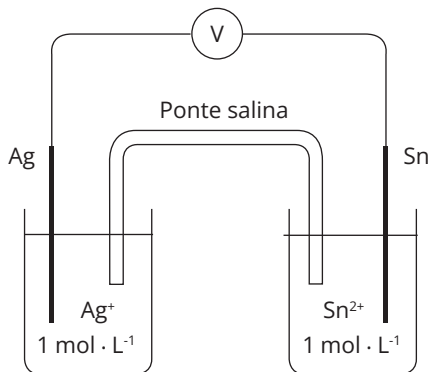
O desenho abaixo representa um sistema que pode envolver algumas das espécies químicas referidas acima.



Assinale a alternativa que descreve corretamente uma situação que esse sistema pode apresentar.

- a) A lâmina de cádmio não sofre corrosão.
- b) Ocorre diminuição da concentração de cátions na solução.
- c) Ocorre deposição de níquel na superfície do cádmio.
- d) A reação que ocorre é $\text{Ni} + \text{Cd}^{2+} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + \text{Cd}$.
- e) Não ocorre reação, pois os dois metais apresentam potencial negativo.

○ 41. (UFRGS) Observe a célula galvânica representada abaixo.



Nessa célula, as duas semirreações e seus respectivos potenciais-padrão de redução são os seguintes:



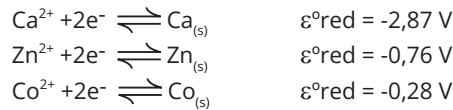
Considere as seguintes afirmações a respeito dessa célula.

- I. A reação que nela ocorre envolve a redução do Sn^{2+} a Sn.
- II. O polo positivo da célula é o eletrodo de prata.
- III. Nela, a massa de metal oxidada no ânodo é exatamente igual à massa de metal depositada no cátodo.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 42. (UFRGS) Considere as seguintes semirreações de redução.



Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo.

- () O cálcio, em uma pilha de cálcio e cobalto, é o ânodo.
- () Uma reação entre cálcio metálico e íons zinco é espontânea.
- () O metal mais reativo, entre os três, é o cobalto.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

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

○ 43. (UFRGS) A tabela abaixo relaciona algumas semirreações e seus respectivos potenciais padrão de redução em solução aquosa.

$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Li}_{(s)}$	$\varepsilon^\circ_{\text{red}} = -3,04 \text{ V}$
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}_{(s)}$	$\varepsilon^\circ_{\text{red}} = -0,76 \text{ V}$
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)}$	$\varepsilon^\circ_{\text{red}} = 0,00 \text{ V}$
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}_{(s)}$	$\varepsilon^\circ_{\text{red}} = +0,80 \text{ V}$
$\text{F}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	$\varepsilon^\circ_{\text{red}} = +2,89 \text{ V}$
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{K}_{(s)}$	$\varepsilon^\circ_{\text{red}} = -2,94 \text{ V}$
$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb}_{(s)}$	$\varepsilon^\circ_{\text{red}} = -0,13 \text{ V}$
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}_{(s)}$	$\varepsilon^\circ_{\text{red}} = +0,34 \text{ V}$
$\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	$\varepsilon^\circ_{\text{red}} = +1,36 \text{ V}$

Considere as afirmações abaixo, sobre os dados da tabela.

- I. O lítio metálico é um forte agente redutor.
- II. O cátion prata pode oxidar o cobre metálico para Cu^{2+} .
- III. O zinco é o ânodo em uma pilha com eletrodos de zinco e chumbo.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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



○ 44. (UFRGS) Os potenciais padrão de redução, determinados mediante processos eletroquímicos, podem ser empregados para prever a espontaneidade de reações, mesmo quando estas não constituem pilhas ou baterias.

Observe o quadro a seguir.

$\text{Ag}^+_{(\text{aq})} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}_{(\text{s})}$	$\varepsilon^\circ = 0,80 \text{ V}$
$\text{Co}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}_{(\text{s})}$	$\varepsilon^\circ = -0,28 \text{ V}$
$\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al}_{(\text{s})}$	$\varepsilon^\circ = -1,66 \text{ V}$
$\text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ba}_{(\text{s})}$	$\varepsilon^\circ = -2,90 \text{ V}$

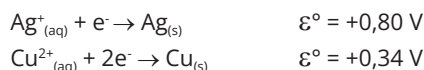
Com base no quadro, considere as reações abaixo.

- I. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{Ag} \rightarrow 2 \text{AgNO}_3 + \text{Ba}$
- II. $2 \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3 \text{Co} \rightarrow 3 \text{Co}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{Al}$
- III. $3 \text{AgNO}_3 + \text{Al} \rightarrow \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + 3 \text{Ag}$

Qual(is) reação(ões) será(serão) espontânea(s)?

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

○ 45. (UFRGS) Considere os seguintes dados eletroquímicos.



Um estudante realizou experimentos mergulhando placas metálicas em tubos de ensaio contendo diferentes soluções aquosas, como indicado no quadro abaixo.

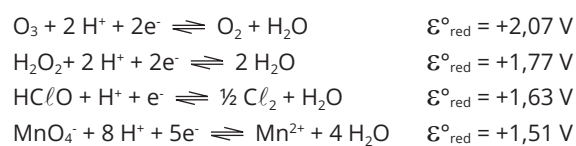
Metal	Solução	
	AgNO_3	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
Ag	tubo 1	tubo 2
Cu	tubo 3	tubo 4

Com base no exposto, é correto afirmar que ocorre deposição de metal sobre a placa metálica apenas:

- a) no tubo 2.
- b) no tubo 3.
- c) nos tubos 1 e 2.
- d) nos tubos 1 e 3.
- e) nos tubos 2 e 4.



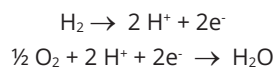
○ 46. (UFRGS) O quadro abaixo relaciona algumas semirreações e seus respectivos potenciais padrão de redução, em solução aquosa.



A partir desses dados, é correto afirmar que:

- a) uma solução aquosa de hipoclorito poderá oxidar os íons Mn^{2+} .
- b) uma solução aquosa de H_2O_2 é um forte agente redutor.
- c) o ozônio tem uma forte tendência a ceder elétrons em solução aquosa.
- d) a adição de H_2O_2 a uma solução aquosa, contendo oxigênio dissolvido, promove a formação de ozônio gasoso.
- e) o permanganato, entre as substâncias relacionadas no quadro, é o mais poderoso agente oxidante.

○ 47. (UFRGS) Célula a combustível é uma alternativa para a produção de energia limpa. As semirreações da célula são:

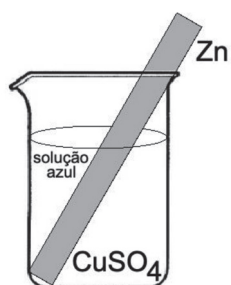


Sobre essa célula, pode-se afirmar que:

- a) H_2 é o gás combustível e oxida-se no cátodo.
- b) eletrólise da água ocorre durante o funcionamento da célula.
- c) H_2O e CO_2 são produzidos durante a descarga da célula.
- d) célula a combustível é um exemplo de célula galvânica.
- e) O_2 é o gás comburente e reduz-se no ânodo.



○ 48. (UFRGS 2022) Foi colocada uma placa de zinco em uma solução de 1 mol.L⁻¹ de sulfato de cobre II, conforme apresentada na figura abaixo.



Considere as seguintes afirmações sobre esse experimento.

I. Uma reação de deslocamento do tipo oxirredução provoca oxidação do zinco e redução do cobre.

II. A coloração azul diminui de intensidade, à medida que a reação ocorre, devido à concentração de íons sulfato na solução.

III. A reação global do processo pode ser representada por $Zn_{(s)} + 2 Cu^{+}_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{2(s)}$

Quais estão corretas?

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

○ 49. (UFRGS) Células eletroquímicas podem ser construídas com uma ampla gama de materiais, até mesmo metais nobres como prata e ouro.

Observe, abaixo, as semirreações de redução.



Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as seguintes afirmações a respeito de uma célula eletroquímica, constituída de ouro e prata.

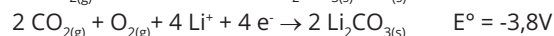
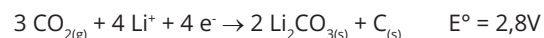
- () Um dos eletrodos poderia ser construído com ouro em água pura; e o outro, prata em água pura.
- () Uma pilha construída com placas metálicas de ouro e prata, em contato com os respectivos sais, teria força eletromotriz padrão de 0,70 V.
- () Essa célula eletroquímica produz aumento da massa do ouro metálico.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

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

○ 50. (UFRGS 2020) Baterias de Li - CO₂ são de grande interesse atual, devido a questões ambientais e energéticas, pois utilizam CO₂ e abrem um novo caminho para conversão e armazenamento de energia.

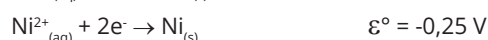
Uma das propostas sobre as semirreações eletroquímicas envolvidas nessa bateria é apresentada abaixo.



Sobre essas baterias, é correto afirmar que:

- a) o cátion lítio é o agente oxidante; e o gás carbônico, o agente redutor.
- b) no funcionamento da bateria, 1 mol de CO₂ é consumido gerando 1 mol de O₂.
- c) no ânodo, ocorre formação de carbono elementar e carbonato de lítio.
- d) para recarregar a bateria, é necessário aplicar uma força eletromotriz de 3,8 V.
- e) o oxigênio sofre redução espontânea no cátodo.

○ 51. (UFRGS) Considere a sequência de potenciais padrão de redução.



Com base nesses dados, é correto afirmar que:

- a) Ag_(s) é o melhor agente oxidante.
- b) Ni²⁺ é o melhor agente redutor.
- c) Cobre, prata e chumbo sofrem oxidação em solução ácida.
- d) Cu²⁺ é melhor agente oxidante do que Pb²⁺.
- e) Pb_(s) é melhor agente redutor do que Ni_(s).

○ 52. (UFRGS) O conhecimento do potencial padrão de redução para as semirreações abaixo representadas



permite afirmar que:

- a) não ocorre reação entre cobre metálico e cátion prata, pois ambos apresentam potencial positivo.
- b) prata metálica sofre oxidação, e cátion cúprico sofre redução quando postos em contato.
- c) ocorre reação com transferência de elétrons de cobre metálico para prata metálica quando os metais são postos em contato.
- d) ocorre reação de oxirredução ao se mergulhar prata metálica em solução que contém íon cúprico.
- e) ocorre reação de oxirredução ao se mergulhar cobre metálico em solução que contém cátion prata.

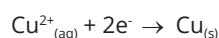


○ 53. (UFRGS) A obtenção de metais puros por eletrodeposição é uma das aplicações práticas da eletroquímica. A eletrodeposição pode ser entendida como uma reação entre elétrons e íons.

Sabendo-se que um mol de elétrons tem a carga de 96.500 C (constante de Faraday), a massa de alumínio que será depositada a partir de uma solução de $Al_2(SO_4)_3$ por uma corrente de 1,0 A, fluindo durante 3 horas, é de, aproximadamente:

- a) 1,0 g
- b) 2,0 g
- c) 3,0 g
- d) 9,0 g
- e) 27,0 g

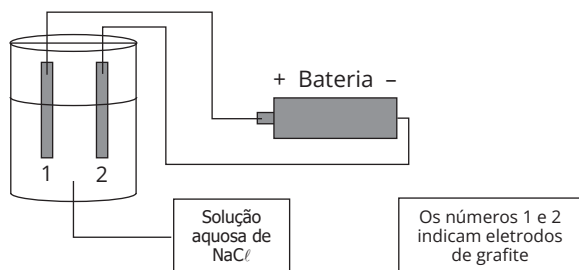
○ 54. (UFRGS) Na obtenção eletrolítica de cobre a partir de uma solução aquosa de sulfato cúprico, ocorre a seguinte semirreação catódica.



Para depositar 6,35 g de cobre no cátodo da célula eletrolítica, a quantidade de eletricidade necessária, em coulombs, é aproximadamente igual a:

- a) 0,100
- b) 6,35
- c) 12,7
- d) $9,65 \cdot 10^3$
- e) $1,93 \cdot 10^4$

○ 55. (UFRGS) Um estudante apresentou um experimento sobre eletrólise na feira de ciências de sua escola. O esquema do experimento foi representado pelo estudante em um cartaz como o reproduzido abaixo.



Em outro cartaz, o aluno listou três observações que realizou e que estão transcritas abaixo.

- I. Houve liberação de gás cloro no eletrodo 1.
- II. Formou-se uma coloração rosada na solução próxima ao eletrodo 2, quando se adicionaram gotas de solução de fenolftaleína.
- III. Ocorreu uma reação de redução do cloro no eletrodo 1.

Qual(is) observação(ões) é(são) correta(s)?

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

○ 56. (UFRGS) O número de elétrons necessário para eletrodepositar 5,87 mg de níquel a partir de uma solução de $NiSO_4$ é aproximadamente igual a:

- a) $6,0 \cdot 10^{19}$
- b) $1,2 \cdot 10^{20}$
- c) $3,0 \cdot 10^{20}$
- d) $6,0 \cdot 10^{23}$
- e) $1,2 \cdot 10^{24}$

○ 57. (UFRGS) A quantidade de eletricidade, expressa em faradays, (lembre que $1 F = 96.500 C$) necessária para eletrodepositar 28 g de Fe^{2+} é igual a:

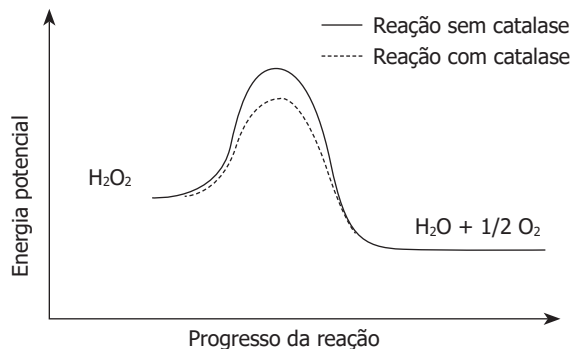
- a) 1
- b) 2
- c) 22,4
- d) 28
- e) 56



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.

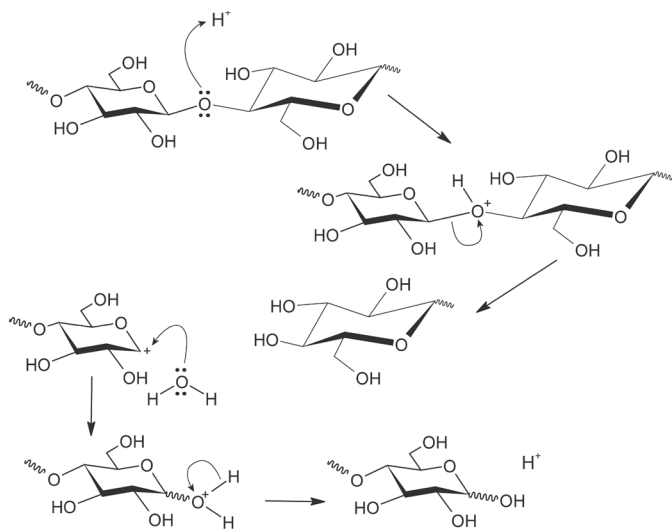
○ 2. (ENEM 2021) Grande parte da atual frota brasileira de veículos de passeio tem tecnologia capaz de identificar e processar tanto o etanol quanto a gasolina. Quando queimados, no interior do motor, esses combustíveis são transformados em produtos gasosos, num processo com variação de entalpia menor 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.

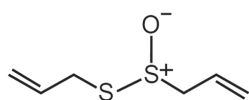
TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. Rio de Janeiro: Artmed, 2016 (adaptado).

Nesse caso, o uso dessas leveduras modificadas objetiva:

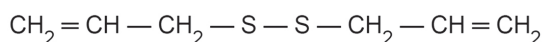
- reduzir a quantidade de resíduos tóxicos nos efluentes da lavagem.
- eliminar a necessidade de tratamento da água consumida.
- eleva a capacidade de clareamento dos jeans.
- aumentar a resistência do jeans a peróxidos.
- associar ação bactericida ao clareamento.



○ **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 I



Estrutura II

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

- ácido.
- reductor.
- eletrólito.
- tensoativo.
- 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?

- $2,50 \times 10^{-3}$ mol L⁻¹
- $6,25 \times 10^{-2}$ mol L⁻¹
- $1,25 \times 10^{-1}$ mol L⁻¹
- $2,50 \times 10^{-1}$ mol L⁻¹
- $4,27 \times 10^{-1}$ mol L⁻¹



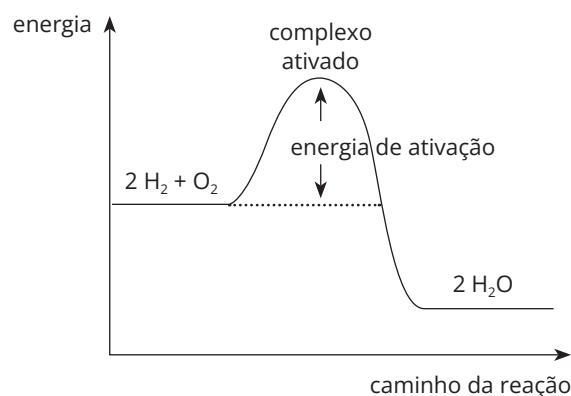
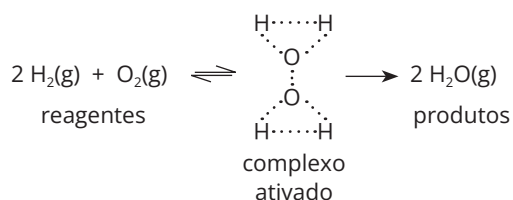
○ **9. (ENEM 2021)** Os pesticidas organoclorados foram amplamente empregados na agricultura, contudo, em razão das suas elevadas toxicidades e persistências no meio ambiente, eles foram banidos. Considere a aplicação de 500 g de um pesticida organoclorado em uma cultura e que, em certas condições, o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

- 3,9 g.
- 31,2 g.
- 62,5 g.
- 125,0 g.
- 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 reação de formação da água é endotérmica.
- A adição de um catalisador aumenta a velocidade de formação da água pois diminui a entalpia de reação.
- Quanto maior a frequência de colisões efetivas entre as moléculas de H₂ e O₂, maior a velocidade da reação.
- A velocidade de decomposição de H_{2(g)} é metade da velocidade de decomposição de O_{2(g)}.
- 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

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

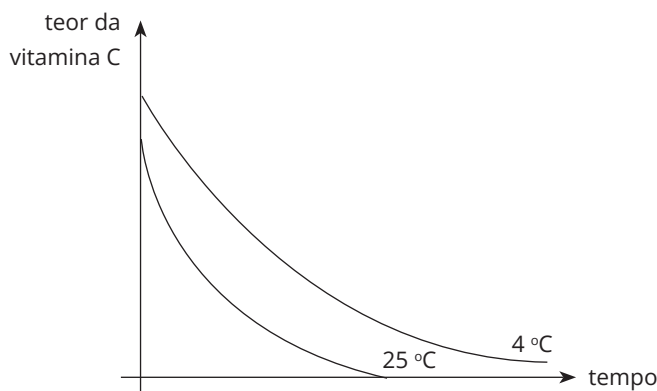
Estão corretas

- apenas I, II e III.
- apenas II e III.
- apenas I e IV.
- apenas I, II e IV.
- 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 nanométrica tem o potencial de gerar novas propriedades catalíticas, garantindo maior grau de porosidade do material e reduzindo a quantidade de catalisador utilizado.

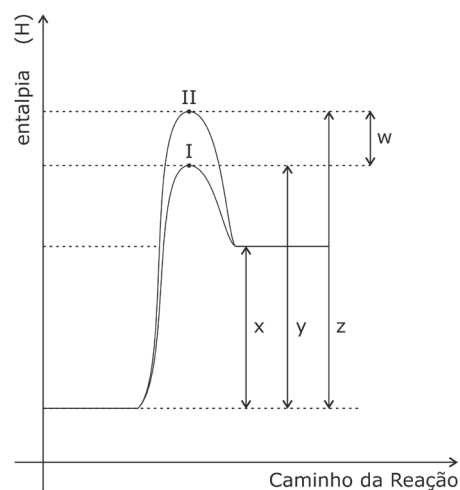
Fonte: BAHIA, Fundação de amparo à pesquisa do Estado da Bahia. Baiana com especialização na área de nanotecnologia recebe prêmio na Finlândia. Bahia, 23 nov. 2010. Disponível em: <http://www.fapesb.ba.br/baianacom-especialização-na-área-de-nanotecnologia-recebe-premio-na-finlandia/>. Acesso em: 28 maio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



○ **16. (UFRGS 2024)** Um estudante do ensino médio usou a inteligência artificial (CHATgpt) para pesquisar sobre a Lei de Guldberg-Waage para cinética de reações químicas e recebeu as seguintes afirmações.

I. Essa lei é uma ferramenta importante para entender e prever como as concentrações dos reagentes evoluem.

II. Em reações elementares, ou seja, reações que ocorrem em uma única etapa, as ordens de reação são iguais aos coeficientes estequiométricos dos reagentes.

III. Somente é válida para reações que ocorrem em condições normais de pressão e temperatura (CNPT).

Quais estão corretas?

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

○ **17. (UFRGS)** Indique, entre as alternativas abaixo, a forma mais rapidamente oxidável para um material de ferro, supondo-as todas submetidas às mesmas condições de severidade:

- a) limalha.
- b) chapa plana.
- c) esferas.
- d) bastão.
- e) lingote.

○ **18. (UFN)** Analise as proposições a seguir.

I. No refrigerador doméstico, o tempo para a putrefação dos alimentos é retardado, geralmente, quatro vezes, comparando-se sua velocidade normal à temperatura ambiente (25°C).

II. Em uma reação química, quanto menor for a energia de ativação, mais rápido será o seu processamento.

III. A reação de fotossíntese, que utiliza energia solar para a conversão de água e CO₂ em glicose, apresenta uma variação de entalpia positiva.

IV. Na digestão dos alimentos, uma série de modificações químicas ocorrem. Considerando-se a velocidade das reações, uma mastigação efetiva diminui a velocidade das reações, afinal, quanto maiores as partículas, maiores as superfícies de contato.

Estão corretas

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

○ **19. (UFRGS)** Das proposições abaixo, relacionadas com cinética química, a única **falsa** é:

- a) a velocidade de uma reação pode ser medida pelo consumo de reagentes na unidade de tempo.
- b) a colisão entre as partículas químicas é necessária para que haja reação.
- c) temperatura e catalisadores são fatores que influenciam na velocidade da reação.
- d) a concentração dos reagentes afeta a velocidade da reação.
- e) a natureza dos reagentes não exerce influência na velocidade da reação.

○ **20. (UFRGS)** A deterioração de alimentos é ocasionada por diversos agentes que provocam reações químicas de degradação de determinadas substâncias. Alguns alimentos produzidos industrialmente, como embutidos à base de carne triturada, apresentam curto prazo de validade. Essa característica deve-se a um fator cinético relacionado com:

- a) a presença de agentes conservantes.
- b) reações químicas que ocorrem a baixas temperaturas.
- c) a elevada concentração de aditivos alimentares.
- d) a grande superfície de contato entre os componentes do produto.
- e) o acondicionamento em embalagem hermética.

○ **21. (UFRGS)** Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações que seguem, relativas à cinética química.

- () Em uma reação endotérmica, a energia de ativação da reação direta é maior do que a energia de ativação da reação inversa.
- () O acréscimo de um catalisador diminui a energia de ativação da reação direta, sem, contudo, alterar a energia de ativação da reação inversa.
- () O aumento da energia de ativação acarreta o aumento da velocidade da reação.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

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

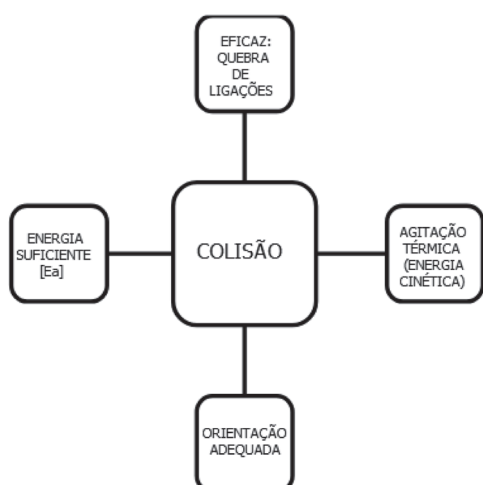
○ **22. (UFRGS)** A *Teoria absoluta da velocidade das reações*, ou *Teoria do complexo ativado*, foi proposta para explicar o comportamento cinético da interação de espécies químicas.

A respeito dessa teoria, é **incorreto** afirmar que:

- a) a velocidade da reação será tanto maior quanto maior for a energia potencial do complexo ativado.
- b) um estado de equilíbrio é estabelecido entre os reagentes e o complexo ativado.
- c) o complexo ativado é uma espécie intermediária de elevada energia potencial.
- d) o complexo ativado se decompõe espontaneamente, formando os produtos da reação.
- e) a energia de ativação da reação direta corresponde à diferença entre as energias do complexo ativado e dos reagentes.



○ 23. (UFRGS 2022) Uma professora, ao introduzir o conceito de energia de ativação, projetou em sua aula o seguinte modelo teórico.

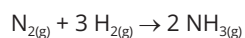


Adaptado de: MARTORANO, S. A. A. A transição progressiva dos modelos de ensino sobre cinética química a partir do desenvolvimento histórico do tema, 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Química) Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/rde-25022013-124601/en.php>. Acesso em: 16 nov. 2021. p. 295.

As teorias que sustentam esse modelo teórico, para explicar a influência de certos fatores na velocidade de uma reação química, são as:

- a) Teoria das colisões e Teoria do complexo ativado.
- b) Teoria do estado de transição e Teoria de repulsão dos pares eletrônicos de valência.
- c) Teoria das colisões e Teoria de repulsão dos pares eletrônicos de valência.
- d) Teoria cinética dos gases e Teoria do complexo ativado.
- e) Teoria cinética dos gases e Teoria do estado de transição.

○ 24. (UFRGS) Considere a reação abaixo.



Para determinar a velocidade da reação, monitorou-se a concentração de hidrogênio ao longo do tempo, obtendo-se os dados contidos no quadro.

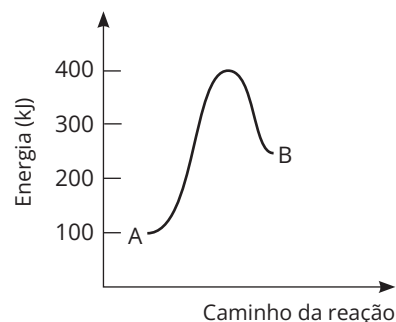
Tempo (s)	Concentração (mol·L ⁻¹)
0	1,00
120	0,40

Com base nos dados apresentados, é correto afirmar que a velocidade média de formação da amônia será:

- a) 0,10 mol L⁻¹ min⁻¹
- b) 0,20 mol L⁻¹ min⁻¹
- c) 0,30 mol L⁻¹ min⁻¹
- d) 0,40 mol L⁻¹ min⁻¹
- e) 0,60 mol L⁻¹ min⁻¹



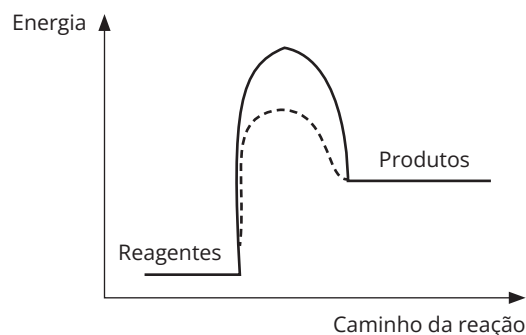
○ 25. (UFRGS) Observe o gráfico abaixo.



O perfil da reação genérica A → B, nele representado, indica que a energia de ativação do processo, em kJ, é igual a:

- a) 100
- b) 150
- c) 250
- d) 300
- e) 400

○ 26. (UFRGS) A figura abaixo representa o esquema energético de uma reação genérica reversível, processo simples realizado em uma única etapa e que pode ocorrer sem catálise (linha cheia) ou com catálise (linha tracejada).



Sobre essa reação, são feitas as seguintes afirmações:

- I. A reação direta é endotérmica.
- II. A reação inversa é mais rápida na presença de catalisador.
- III. O rendimento da reação direta é aumentado com o uso do catalisador.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

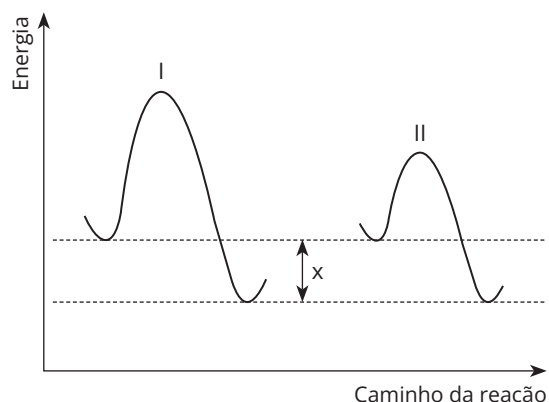
- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.



○ 27. (UFRGS) As resinas epóxi, amplamente utilizadas como adesivos em aplicações industriais, são preparadas por meio de processos de polimerização que envolvem calor ou catalisadores.

O gráfico a seguir compara qualitativamente os processos catalítico e não catalítico de formação da resina epóxi.



Com base nos dados apresentados no gráfico, é correto afirmar que:

- a reação catalisada é representada pela curva I.
- o processo de cura da resina independe da ação do catalisador.
- a energia de ativação da reação catalisada é dada pelo valor de x .
- a reação mais rápida é representada pela curva II.
- o processo de polimerização é endotérmico.

○ 28. (UFRGS) Apesar de o papel queimar com muita facilidade, não se observa a queima de uma folha de papel, sozinha, sem que se coloque fogo.

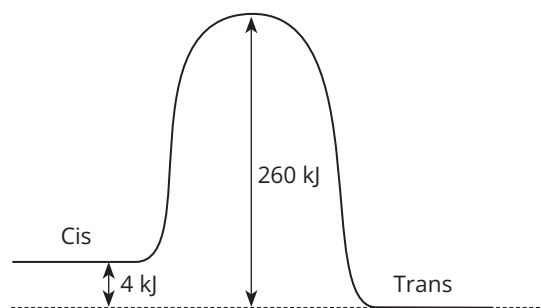
Considere as seguintes afirmações a respeito da reação de combustão do papel.

- Essa reação não é termodinamicamente espontânea.
- A energia de ativação deve ser maior que a energia térmica disponível para as moléculas, na temperatura ambiente.
- A variação de entalpia é negativa.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 29. (UFRGS) Abaixo, está representado o perfil de energia ao longo do caminho de isomerização do cis-but-2-eno para trans-but-2-eno.



Considere as seguintes afirmações a respeito da velocidade dessa reação.

- A barreira de energia de ativação da reação direta é de 256 kJ.
- Como a reação é exotérmica, sua velocidade diminuirá com o aumento de temperatura.
- A presença de catalisador tornará a reação mais exotérmica.

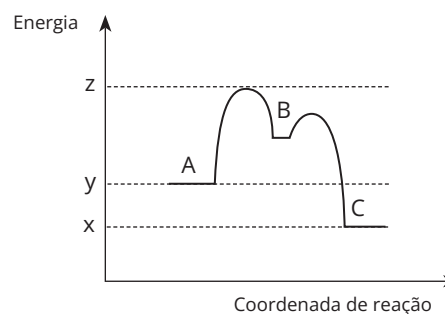
Está(ão) correta(s):

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

○ 30. (UFRGS) Considere a reação de conversão de A para C, representada pela equação química abaixo.



O perfil da coordenada de reação com a energia potencial está esquematizado no gráfico a seguir. As letras A, B e C representam as diferentes estruturas envolvidas, enquanto as letras x , y e z indicam as energias relativas, respectivamente.



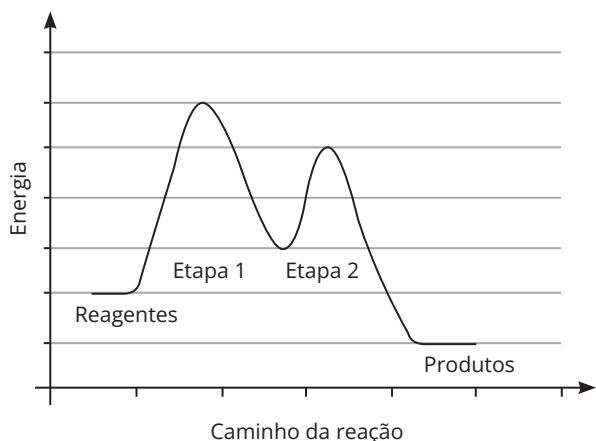
Com base nas informações apresentadas na equação química e no gráfico, é correto afirmar que:

- A e B representam os reagentes da reação direta.
- a energia de ativação da reação direta é dada por $z - y$, enquanto a energia de ativação da reação inversa é dada por $y - x$.
- a conversão de A para C ocorre em duas etapas.
- a variação do fluxo de calor envolvido na reação é obtida pela soma de energia dada por $y + x$.
- B representa o complexo ativado na coordenada de reação.



○ 31. (UFRGS) Para a obtenção de um determinado produto, realiza-se uma reação em 2 etapas.

O caminho dessa reação é representado no diagrama abaixo.



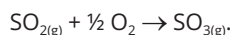
Considere as afirmações abaixo, sobre essa reação.

- I. A etapa determinante da velocidade da reação é a etapa 2.
- II. A reação é exotérmica.
- III. A energia de ativação da etapa 1 é maior que a energia de ativação da etapa 2.

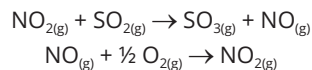
Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 32. (UFRGS) A reação global de oxidação do SO_2 é representada por



Na presença de NO_2 , essa reação é processada em duas etapas que ocorrem no mesmo recipiente, conforme representado abaixo.

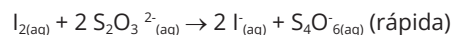
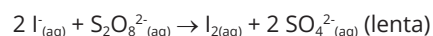


Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Em relação à reação global, o NO_2 é um, e sua concentração com o tempo.

- a) reagente - diminui
- b) reagente - não se altera
- c) catalisador - diminui
- d) catalisador - não se altera
- e) produto - aumenta

○ 33. (UFRGS) A reação relógio, equacionada abaixo, é uma reação bastante usada em demonstrações, na qual duas soluções quase incolores são misturadas e, após um determinado tempo, a mistura adquire subitamente uma coloração azul intensa devido à formação de um complexo do iodo molecular com amido adicionado como incolor.



A respeito dessa reação, considere as seguintes afirmativas:

- I. A coloração azul aparece quando o iodo molecular formado na primeira etapa acumula, pois não é mais consumido na segunda etapa.
- II. O tempo necessário para o aparecimento da cor azul não depende da concentração de tiosulfato.
- III. Para que haja formação da coloração azul, é necessário que o tiosulfato esteja estequiometricamente em excesso.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 34. (UFRGS) O ácido hidrazoico HN_3 é um ácido volátil e tóxico que reage de modo extremamente explosivo e forma hidrogênio e nitrogênio, de acordo com a reação abaixo.



Sob determinadas condições, a velocidade de decomposição do HN_3 é de $6,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$.

Nas mesmas condições, as velocidades de formação de H_2 e de N_2 em $\text{mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ são, respectivamente:

- a) 0,01 e 0,03.
- b) 0,03 e 0,06.
- c) 0,03 e 0,09.
- d) 0,06 e 0,06.
- e) 0,06 e 0,18.



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.

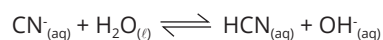
○ 2. (ENEM) Alguns profissionais burlam a fiscalização quando adicionam quantidades controladas de solução aquosa de hidróxido de sódio a tambores de leite de validade vencida. Assim que o teor de acidez, em termos de ácido láctico, encontra-se na faixa permitida pela legislação, o leite adulterado passa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

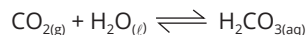


Esse equilíbrio químico é decorrente de uma reação de:

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



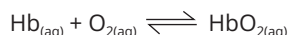
○ 4. (ENEM) Às vezes, ao abrir um refrigerante, percebe-se que uma parte do produto vaza rapidamente pela extremidade do recipiente. A explicação para esse fato está relacionada à perturbação do equilíbrio químico existente entre alguns dos ingredientes do produto, de acordo com a equação:



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:

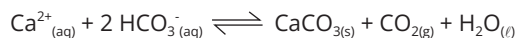


Mal da montanha. Disponível em: www.feng.pucrs.br. Acesso em: 11 fev. 2015 (adaptado).

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.



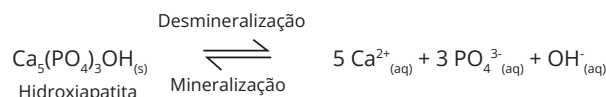
$$\Delta H = +40,94 \text{ kJ/mol}$$

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:

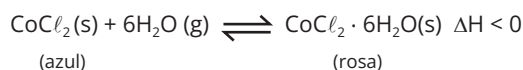


GROISMAN, S. Impacto do refrigerante nos dentes é avaliado sem tirá-lo da dieta. Disponível em: www.isaude.net. Acesso em: 1 maio 2010 (adaptado).

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.



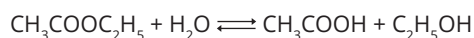
○ **9. (ENEM 2023)** O vidro contendo alumínio em sua composição é um excelente material para acondicionar medicamentos e suplementos, porque pode ser esterilizado por aquecimento. No entanto, quando o medicamento ou suplemento contém substâncias que se ligam fortemente ao íon desse metal, a dissolução 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.

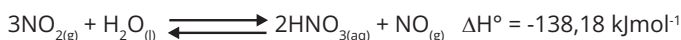
○ **10. (UFSM)** Considere a seguinte reação em equilíbrio:



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



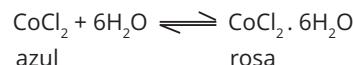
Em relação ao equilíbrio da equação, analise as afirmativas:

- 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.

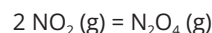
Assinale V (verdadeiro) ou F (falso) em cada afirmativa a seguir.

- 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.

○ **14. (UFRGS 2024)** Considere a reação abaixo.



A constante de equilíbrio (K_c) numa dada temperatura vale 0,02.

A alternativa que exhibe as concentrações possíveis, em mol L⁻¹, na situação de equilíbrio, é

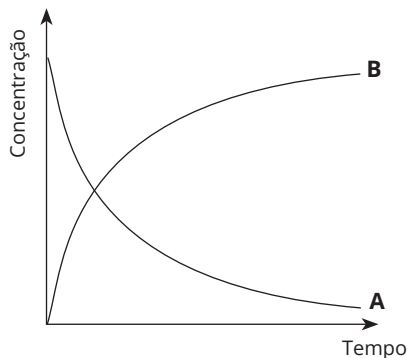
	NO ₂	N ₂ O ₄
a)	2,0 x 10 ⁻⁴	2,0 x 10 ⁻⁴
b)	0,1	2,0 x 10 ⁻⁴
c)	0,1	0,05
d)	0,05	1,0 x 10 ⁻⁴
e)	2,0 x 10 ⁻⁴	1,0 x 10 ⁻⁴



○ 15. (UFRGS) A presença de um catalisador em uma reação reversível:

- a) desloca a equilíbrio para a formação dos produtos.
- b) diminui o tempo necessário para o sistema atingir o estado de equilíbrio.
- c) aumenta a energia de ativação do processo.
- d) aumenta apenas a velocidade da reação direta.
- e) altera o valor do ΔH da reação.

○ 16. (UFRGS) Observe o gráfico abaixo, no qual a concentração do reagente e do produto de uma reação elementar $A \rightarrow B$ foi monitorada em função do tempo.



Assinale a alternativa correta a respeito dessa reação.

- a) A reação ultrapassa o equilíbrio, porque a concentração final do produto é maior do que a do reagente.
- b) A velocidade de desaparecimento de A é sempre igual à velocidade de formação de B.
- c) A velocidade de formação de B torna-se maior que a velocidade de desaparecimento de A após o ponto em que as curvas se cruzam.
- d) A velocidade da reação direta é igual à velocidade da reação inversa no ponto em que as curvas se cruzam.
- e) A lei cinética para essa reação é $v = k [A] [B]$.

○ 17. (UFRGS) O equilíbrio químico representado por $SO_{2(g)} + 1/2 O_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{3(g)}$ corresponde a uma das etapas possíveis na formação de chuva ácida.

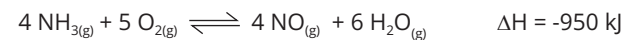
Assinale a expressão da constante de equilíbrio K_c para a equação dada.

- a) $\frac{[SO_2] \cdot [O_2]}{[SO_3]}$
- b) $\frac{[SO_3]}{SO_2}$
- c) $\frac{[SO_2] \cdot [O_2]^{1/2}}{[SO_3]}$
- d) $\frac{[SO_3]}{[SO_2] \cdot [O_2]^{1/2}}$
- e) $\frac{[SO_3]}{[SO_2] \cdot 1/2 [O_2]}$

○ 18. (UFRGS) A expressão da lei do equilíbrio $K_c = 1/[O_2]^3$ pertence à seguinte reação:

- a) $3 N_{2(g)} + 3 O_{2(g)} \rightleftharpoons 6 NO_{(g)}$
- b) $2 Al_2O_{3(s)} \rightleftharpoons 4 Al_{(s)} + 3 O_{2(g)}$
- c) $1 C_3H_6O_{3(l)} + 3 O_{2(g)} \rightleftharpoons 3 CO_{2(g)} + 3 H_2O_{(l)}$
- d) $2 NO_{(g)} + 1 O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)}$
- e) $4 Al_{(s)} + 3 O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 Al_2O_{3(s)}$

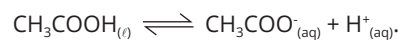
○ 19. (UFRGS) A primeira etapa da obtenção industrial de ácido nítrico corresponde à reação entre amônia e oxigênio, na presença de catalisador, como mostra o equilíbrio químico abaixo.



Supondo-se que essa reação esteja ocorrendo em sistema fechado, é correto afirmar que:

- a) o aumento da quantidade de catalisador favorece a formação de NO.
- b) o aumento da pressão total sobre o sistema não altera o valor de K_p no novo equilíbrio.
- c) a retirada de $H_2O_{(g)}$ implica a diminuição do valor de K_p .
- d) a diminuição da temperatura do sistema dificulta a formação de NO.
- e) a diminuição do volume do sistema não altera o rendimento da reação.

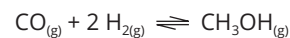
○ 20. (UFRGS) O ácido acético é um ácido fraco que se ioniza em água de acordo com a reação



A respeito dessa reação, é correto afirmar que:

- a) a constante de equilíbrio independe do pH da solução.
- b) a ionização do ácido acético é maior em meio ácido.
- c) o pH da solução resultante será elevado.
- d) o componente majoritário da solução é o íon H^+ .
- e) o pH da solução final independe da concentração inicial de ácido acético.

○ 21. (UFRGS) A constante de equilíbrio da reação



tem o valor de 14,5 a 500 K. As concentrações de metanol e de monóxido de carbono foram medidas nesta temperatura em condições de equilíbrio, encontrando-se, respectivamente, $0,145 \text{ mol L}^{-1}$ e 1 mol L^{-1} .

Com base nesses dados, é correto afirmar que a concentração de hidrogênio, em mol L^{-1} , deverá ser:

- a) 0,01
- b) 0,1
- c) 1
- d) 1,45
- e) 14,5



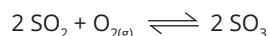
○ **22. (UFRGS)** Assinale a alternativa que indica o equilíbrio que pode ser deslocado no sentido dos produtos por aumento de temperatura e de pressão.

- a) $\text{H}_{2(\text{g})} + \text{Cl}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2 \text{HCl}_{(\text{g})}$ $\Delta H < 0$
 b) $\text{SbCl}_{5(\text{g})} \rightleftharpoons \text{SbCl}_{(\text{g})} + 2 \text{Cl}_{2(\text{g})}$ $\Delta H > 0$
 c) $\text{PCl}_{5(\text{g})} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(\text{g})} + \text{Cl}_{2(\text{g})}$ $\Delta H > 0$
 d) $2 \text{SO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 2 \text{SO}_{3(\text{g})}$ $\Delta H < 0$
 e) $4 \text{NO}_{(\text{g})} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} \rightleftharpoons 4 \text{NH}_{3(\text{g})} + 5 \text{O}_{2(\text{g})}$ $\Delta H > 0$

○ **23. (UFRGS)** Considere o enunciado e as três propostas para completá-lo.

A produção de ácido sulfúrico de uma nação é considerada como um indicador de sua força industrial. O ácido sulfúrico é produzido a partir de enxofre, oxigênio e água por via do processo de contato.

Uma das etapas desse processo consiste na oxidação do dióxido de enxofre a trióxido de enxofre, com o uso de oxigênio na presença do pentóxido de vanádio, V_2O_5 , que atua como catalisador, conforme a reação química abaixo.



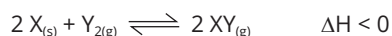
A ação do pentóxido de vanádio nessa reação é de:

1. diminuir o valor da constante de equilíbrio.
2. aumentar a concentração de SO_3 no equilíbrio.
3. possibilitar outro mecanismo para a reação com energia de ativação menor.

Qual(is) proposta(s) está(ão) correta(s)?

- a) Apenas 1.
 b) Apenas 2.
 c) Apenas 3.
 d) Apenas 2 e 3.
 e) 1, 2, 3.

○ **24. (UFRGS)** Para o seguinte equilíbrio hipotético:



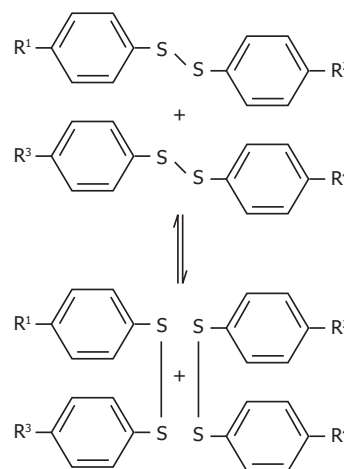
são feitas as seguintes afirmações:

- I. A constante de equilíbrio aumenta com o aumento de temperatura.
- II. Um aumento de pressão por redução de volume aumenta a produção de XY.
- III. A adição de uma maior quantidade de X ao sistema aumenta a produção de XY.
- IV. A formação de XY é favorecida por uma diminuição de temperatura.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **25. (UFRGS)** Recentemente, cientistas conseguiram desenvolver um novo polímero que, quando cortado ao meio, pode regenerar-se. Esse material foi chamado de Terminator, em alusão ao T-1000 do filme *Exterminador do Futuro 2*, que era feito de uma liga metálica que se autorreparava. No polímero Terminator, a união das cadeias poliméricas é feita por dissulfetos aromáticos. Esses dissulfetos sofrem uma reação de metátese reversível à temperatura ambiente e sem a necessidade de catalisador. A autorreparação acontece quando a reação de metátese ocorre entre duas unidades que foram cortadas.



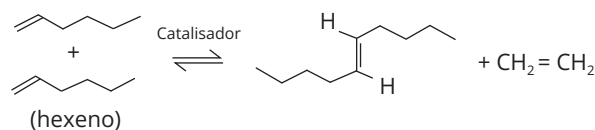
Considere as afirmações abaixo, sobre essa reação.

- I. A reação de metátese nunca chega ao equilíbrio porque é reversível.
- II. A adição de catalisador leva a uma alteração no valor da constante do equilíbrio.
- III. A quantidade de material autorregenerado permanece inalterada em função do tempo, quando atingir o estado de equilíbrio.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **26. (UFRGS)** O prêmio Nobel de Química de 2005 foi atribuído a três pesquisadores (Chauvin, Grubbs e Schrock) que estudaram a reação de metátese de alcenos. Essa reação pode ser representada como segue.

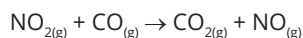


Sabendo-se que todos os participantes da reação são líquidos, exceto o eteno, que é gasoso, para se deslocar o equilíbrio para a direita, é necessário:

- a) aumentar a concentração do 1-hexeno.
 b) diminuir a concentração do 1-hexeno.
 c) aumentar a pressão.
 d) retirar o catalisador.
 e) realizar a reação em um recipiente aberto.



○ 27. (UFRGS) Observe a reação química que segue.



Nessa reação, apenas o $\text{NO}_{2(g)}$ apresenta coloração vermelho-castanha; os demais reagentes e produtos são incolores.

Considere as seguintes afirmações a respeito dessa reação, que se realiza isotermicamente.

I. Ao se partir de uma mistura equimolar de NO_2 e CO , chega-se, após um tempo suficientemente longo, a uma mistura com a mesma coloração a que se chegaria caso se partisse de uma mistura equimolar de CO_2 e NO .

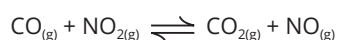
II. Ao se partir de uma mistura de dois mols de NO_2 e 1 mol de CO , chega-se a uma mistura com a mesma coloração a que se chegaria caso se partisse de uma mistura equimolar dos reagentes.

III. No equilíbrio, as velocidades das reações direta e inversa são iguais e, portanto, a coloração do sistema não mais se altera.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 28. (UFRGS) Considere os dados termodinâmicos da reação abaixo, na tabela a seguir.



Substância	CO	NO ₂	CO ₂	NO
ΔH_f (kJ mol ⁻¹)	-110,5	33,2	-393,5	90,3

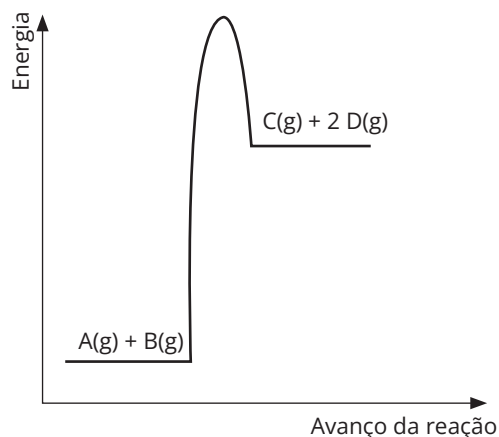
Com base nesses dados, considere as seguintes afirmações sobre o deslocamento químico dessa reação.

- I. O aumento da temperatura desloca no sentido dos produtos.
- II. O aumento da pressão desloca no sentido dos produtos.
- III. A adição de CO_2 desloca no sentido dos reagentes.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 29. (UFRGS) Observe a figura abaixo, sobre o perfil de energia de uma reação em fase gasosa.



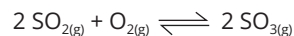
Considere as seguintes afirmações a respeito dessa reação.

- I. A posição de equilíbrio é deslocada a favor dos produtos, sob aumento de temperatura.
- II. A posição de equilíbrio é deslocada a favor dos reagentes, sob aumento de pressão.
- III. A velocidade da reação inversa aumenta com a temperatura.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 30. (UFRGS) Se a constante de equilíbrio para a reação



é igual a K , a constante de equilíbrio para a reação

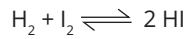


será igual a:

- a) K
- b) $-K$
- c) $1/\sqrt{K}$
- d) \sqrt{K}
- e) $1/K$

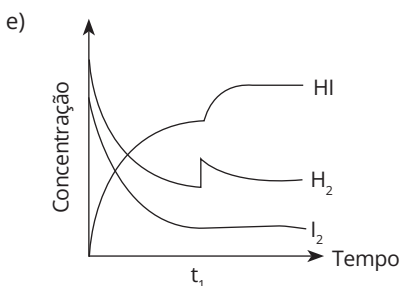
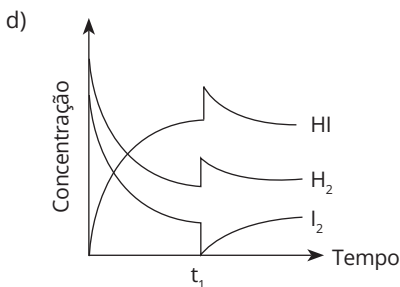
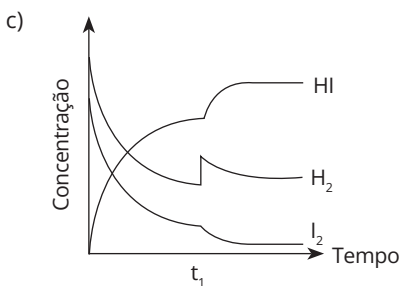
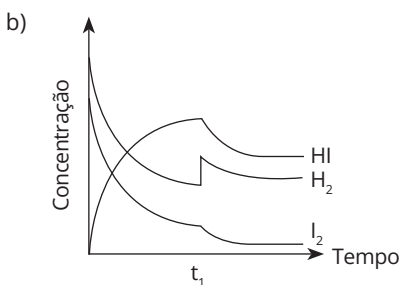
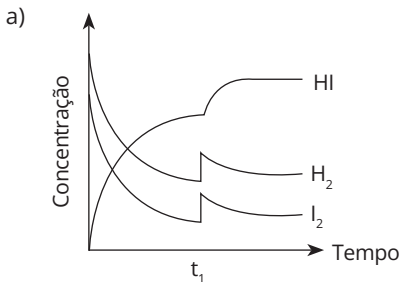


○ **31. (UFRGS)** A reação de síntese do iodeto de hidrogênio, representada a seguir, é muito utilizada em estudos de equilíbrio químico.

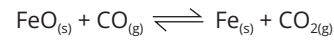


Essa reação atinge o equilíbrio químico após um tempo suficientemente longo. Depois de atingido o equilíbrio, no tempo t_1 , é adicionada uma dada quantidade de H_2 .

Assinale o gráfico que melhor representa a evolução das concentrações com o tempo.



○ **32. (UFRGS)** Considere a reação abaixo.



Nessa reação, o aumento da temperatura do sistema faz diminuir a proporção entre dióxido de carbono e monóxido de carbono no estado de equilíbrio.

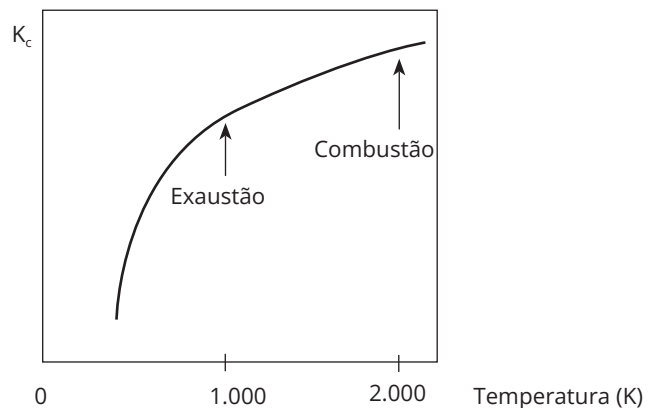
Com base nessa informação, considere as seguintes afirmações.

- I. A reação em questão é endotérmica.
- II. A diminuição do volume do sistema não afetará seu equilíbrio.
- III. A adição de ferro sólido ao sistema deslocará o equilíbrio no sentido dos reagentes.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **33. (UFRGS)** A reação $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO}_{(g)}$ ocorre na câmara de combustão e no sistema de exaustão de motores a combustão interna. A formação de NO é indesejável em termos de seu efeito no meio ambiente. A variação do valor de K_c com a temperatura é mostrada no gráfico abaixo.



A respeito desse processo são feitas as seguintes afirmações.

- I. Na câmara de combustão, a formação do NO é mais eficiente que no sistema de exaustão.
- II. A reação de formação do NO é exotérmica.
- III. A diminuição da temperatura favorece a decomposição do NO em N_2 e O_2 .

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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



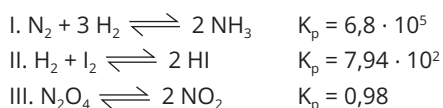
○ 34. (UFRGS) Se o produto de solubilidade do cloreto de cério é K_s , a solubilidade desse sal será igual a:

- a) $K_s/2$
- b) $\sqrt{K_s}$
- c) K_s^2
- d) $2K_s$
- e) K_s

○ 35. (UFRGS) O sulfato de cálcio, CaSO_4 , possui produto de solubilidade igual a 9×10^{-6} . Se uma quantidade suficientemente grande de sulfato de cálcio for adicionada a um recipiente contendo 1 litro de água, qual será, ao se atingir o equilíbrio, a concentração, em mol L^{-1} , esperada de Ca^{2+} em solução aquosa?

- a) $9,0 \times 10^{-6}$
- b) $4,5 \times 10^{-6}$
- c) $3,0 \times 10^{-6}$
- d) $1,5 \times 10^{-3}$
- e) $3,0 \times 10^{-3}$

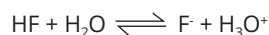
○ 36. (UFRGS) Considere as seguintes equações, que representam situações de equilíbrio químico a 298 K.



A conclusão que se pode extrair dessas informações é que:

- a) a reação I é a mais rápida das três.
- b) a reação III praticamente não ocorre no sentido direto a 298 K.
- c) a reação II apresenta velocidade moderada.
- d) apenas a reação III atinge o equilíbrio a 298 K.
- e) a reação I atinge o equilíbrio com grande quantidade relativa de produtos.

○ 37. (UFRGS) O HF, em solução aquosa, comporta-se como um ácido, segundo a equação abaixo.



O ácido fluorídrico foi tratado, separadamente, com as soluções abaixo.

- I. HCl II. NaOH III. NH_3 IV. KF

Qual(is) dessas soluções provoca(m) a diminuição do grau de ionização do ácido fluorídrico?

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

○ 38. (UFRGS 2020) Uma suspensão de sulfato de bário pode ser usada como agente de contraste em exames de raios-X. O sulfato de bário é um sal pouco solúvel, com constante do produto de solubilidade $1,1 \times 10^{-10}$.

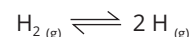
Em relação a uma solução aquosa saturada desse sal, contendo uma certa quantidade de sal sólido, não dissolvido, são feitas as seguintes afirmações.

- I. A adição de nitrato de bário diminui a quantidade de sólido não dissolvido.
- II. A adição de sulfato de sódio aumenta a quantidade de sólido não dissolvido.
- III. Uma reação reversível, na qual a dissolução do sal é exatamente contrabalancada pela sua precipitação, é estabelecida nessa situação.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 39. (UFRGS 2020) Em altas temperaturas, o hidrogênio molecular pode estar em equilíbrio com o hidrogênio atômico através da seguinte reação.



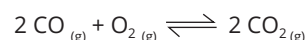
Sobre essa reação, são feitas as seguintes afirmações.

- I. A quantidade de hidrogênio atômico aumenta com o aumento da temperatura, porque a reação é endotérmica.
- II. Em condições de baixa temperatura, não há energia suficiente para romper a ligação.
- III. A variação de entalpia envolvida na reação é o dobro da entalpia de formação do hidrogênio atômico nas condições da reação.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 40. (UFRGS 2020) A combustão incompleta de substâncias, contendo carbono, pode formar o monóxido de carbono, o qual é extremamente tóxico. O monóxido de carbono, na presença de oxigênio, pode ser convertido no dióxido de carbono, em catalisadores automotivos, de acordo com a reação abaixo.



Em um determinado recipiente, contendo inicialmente monóxido de carbono e oxigênio, estabeleceu-se um equilíbrio em que se pode determinar a pressão total da mistura, 6,1 atm, e as pressões parciais de monóxido de carbono e de dióxido de carbono, as quais foram, respectivamente, 0,5 atm e 4,0 atm.

O valor da constante de equilíbrio será igual a:

- a) 1,6.
- b) 10,6.
- c) 22,4.
- d) 32.
- e) 40.



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

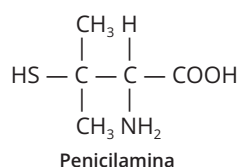
As informações químicas presentes no rótulo de vários produtos permitem classificar o produto de várias formas, de acordo com seu gosto, seu cheiro, sua aparência, sua função, entre outras. As informações da tabela permitem concluir que essa água é:

- 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.

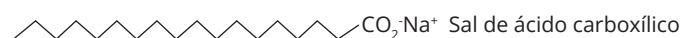
Sabe-se que $pK_a = -\log K_a$.



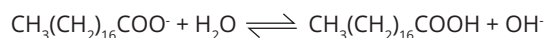
Qual estrutura derivada da penicilamina é predominantemente encontrada na urina?

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

○ 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 ₂ PO 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 × 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, H₃PO₄.
- sulfato de cálcio, CaSO₄.
- óxido de alumínio, Al₂O₃.
- cloreto de ferro(II), FeCl₂.
- 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: CH₃COOH, Na₂SO₄, CH₃OH, K₂CO₃ e NH₄Cl.

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

- CH₃COOH
- Na₂SO₄
- CH₃OH
- K₂CO₃
- NH₄Cl

○ **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: CH₃COONa, NH₄Cl, NaBr, NaOH e KCl.

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

- CH₃COONa.
- NH₄Cl.
- 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 ₃ O ⁺ (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

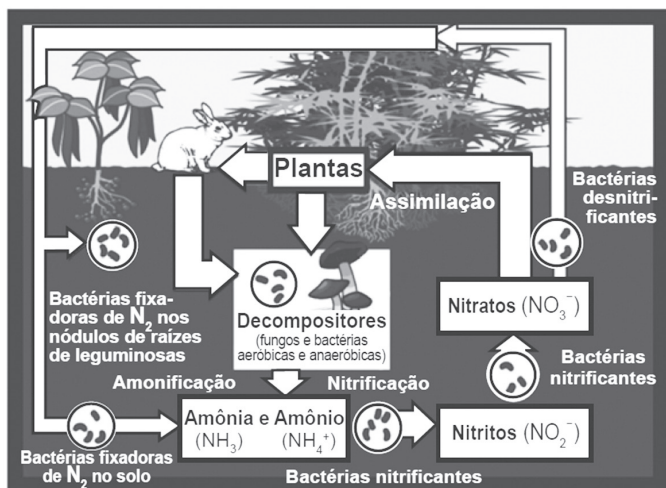
Dentre os materiais listados, quais são apropriados para amenizar esse odor?

- 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.bioteecnologia.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.

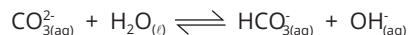
Em uma inspeção sanitária do lote adulterado, qual será a cor apresentada pelo leite após adição do indicador azul de bromofenol?

- 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.

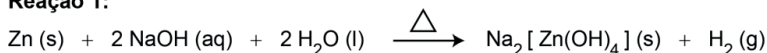
Tipos de resíduos
I. Solução de H_2CrO_4 0,1 mol/L
II. Solução de NaOH 0,2 mol/L
III. Solução de HCl 0,1 mol/L
IV. Solução de H_2SO_4 0,1 mol/L
V. Solução de CH_3COOH 0,2 mol/L
VI. Solução de NaHCO_3 0,1 mol/L

Anotações:

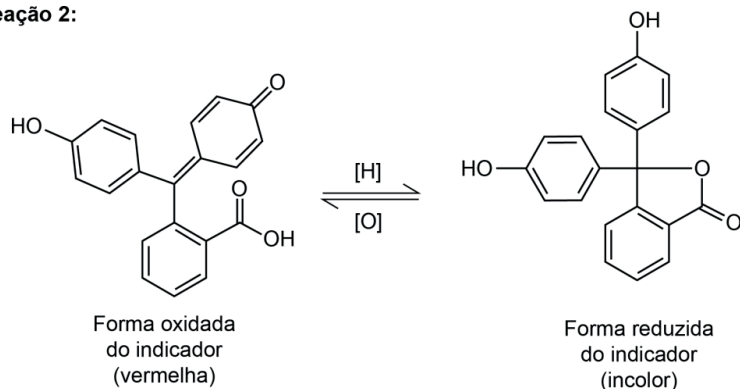


○ 15. (ENEM 2020) O reagente conhecido como Kastle-Meyer é muito utilizado por investigadores criminais para detectar a presença de sangue. Trata-se de uma solução aquosa incolor, preparada com zinco metálico, hidróxido de sódio (Reação 1) e indicador (Reação 2). Essa solução, quando em contato com a 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:



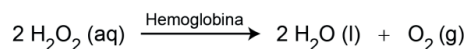
Reação 2:



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

- a) sal de $\text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]$ na presença de hemoglobina.
- b) água produzida pela decomposição da água oxigenada.
- c) hemoglobina presente na reação com a água oxigenada.
- d) gás oxigênio produzido pela decomposição da água oxigenada.
- e) 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:

- a) são óxidos inorgânicos.
- b) são fontes de oxigênio.
- c) o ânion reage com a água.
- d) são substâncias anfóteras.
- e) 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

- a) verde, amarela e amarela
- b) amarela, amarela e verde
- c) verde, amarela e verde
- d) amarela, verde e verde
- e) 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

○ **19. (UFRGS)** A seguir estão listados alguns ácidos e suas respectivas constantes de ionização.

	Nome da substância	Fórmula molecular	Constante de ionização
I	Ácido acético	$C_2H_4O_2$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
II	Ácido iódico	HIO_3	$1,7 \cdot 10^{-1}$
III	Ácido bórico	H_3BO_3	$5,8 \cdot 10^{-10}$
IV	Ácido fluorídrico	HF	$6,8 \cdot 10^{-4}$
V	Ácido hipocloroso	$HC\cancel{O}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$

Supondo que os ácidos apresentem a mesma concentração em meio aquoso, a solução com maior condutividade elétrica e a de mais elevado pH são, respectivamente:

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

○ **20. (UFRGS)** No quadro abaixo, são fornecidos os valores de pH de várias soluções presentes em nosso cotidiano. Esses valores são resultantes de uma análise em situação específica.

Nome da solução	Solução	pH
1	alvejante caseiro	10,5
2	água de cal	10,5
3	leite de magnésia	10,5
4	leite pasteurizado	6,8
5	café preto	5,0
6	vinho	3,5
7	vinagre	3,0
8	suco de limão	2,5

Com base na tabela, considere as seguintes afirmações.

- I. O vinagre é cem vezes mais ácido que o café preto.
- II. A concentração de H^+ na solução 6 é igual à concentração de OH^- na solução 2.
- III. A solução 8 é 10 vezes mais ácida que a solução 1.
- IV. No quadro há cinco soluções ácidas e três soluções básicas.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **21. (UFRGS 2022)** As seguintes misturas foram preparadas.

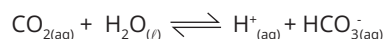
- A = 1 mol de ácido acético + 1 litro de água
- B = 1 mol de ácido clorídrico + 1 litro de água
- C = 1 mol de hidróxido de alumínio + 1 litro de água
- D = 1 mol de hidróxido de sódio + 1 litro de água

Em relação às soluções obtidas, a ordem crescente de pH é

- a) $A < B < C < D$.
- b) $B < A < C < D$.
- c) $B < A < D < C$.
- d) $C < D < A < B$.
- e) $D < C < A < B$.



○ **22. (UFRGS)** Um dos fatores que pode modificar o pH do sangue é o ritmo respiratório. Esse fato está relacionado ao equilíbrio descrito na equação abaixo.



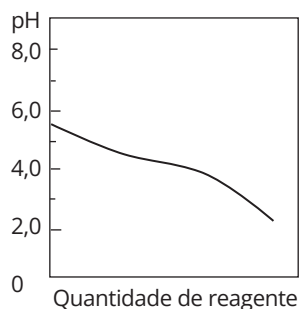
Sobre esse fato são feitas as seguintes afirmações:

- I. Pessoas com ansiedade respiram em excesso e causam diminuição da quantidade de CO_2 no sangue, aumentando seu pH.
- II. Indivíduos com insuficiência respiratória aumentam a quantidade de CO_2 no sangue, diminuindo seu pH.
- III. Pessoas com respiração acelerada deslocam o equilíbrio da reação no sentido direto.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **23. (UFRGS)** Considere o gráfico abaixo, que representa pH da solução *versus* quantidade de reagente adicionado.



A alternativa mais compatível com o processo mostrado no gráfico corresponde à adição de:

- a) açúcar ao café.
- b) soda cáustica à água.
- c) suco de limão ao chá preto.
- d) sabão à água.
- e) sal de cozinha ao vinagre.

○ **24. (UFRGS)** Se a 10 mL de uma solução aquosa de pH = 4,0 forem adicionados 90 mL de água, o pH da solução resultante será igual a:

- a) 0,4
- b) 3,0
- c) 4,0
- d) 5,0
- e) 5,5

○ **25. (UFRGS)** Um laboratorista preparou 100 mL de uma solução aquosa contendo 4,0 g de NaOH, e um colega seu preparou uma solução aquosa de igual volume, mas contendo 4,0 g de KOH.

Sobre essa situação, são feitas as seguintes afirmações.

- I. A primeira solução é mais básica que a segunda.
- II. Ambas as soluções requerem 50 mL de HCl 2,0 mol L^{-1} para neutralização.
- III. A primeira solução apresenta pH = 14.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **26. (UFRGS)** Se forem acrescentados 90 mL de água a 10 mL de uma solução aquosa de KOH com pH igual a 9, o pH da solução resultante será aproximadamente igual a:

- a) 0,9
- b) 7,0
- c) 8,0
- d) 9,0
- e) 10,0

○ **27. (UFRGS)** O ácido fluorídrico, solução aquosa do fluoreto de hidrogênio (HF) com uma constante de acidez de $6,6 \times 10^{-4}$, tem, entre suas propriedades, a capacidade de atacar o vidro, razão pela qual deve ser armazenado em recipientes plásticos.

Considere as afirmações abaixo, a respeito do ácido fluorídrico.

- I. É um ácido forte, pois ataca até o vidro.
- II. Tem, quando em solução aquosa, no equilíbrio, concentração de íons fluoreto muito inferior à de HF.
- III. Forma fluoreto de sódio insolúvel, quando reage com hidróxido de sódio.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **28. (UFRGS)** Quando a 1,0 L de H_2SO_4 0,04 mol \cdot L^{-1} se adicionam 3,0 L de NaOH 0,04 mol \cdot L^{-1} , a solução resultante terá pH aproximadamente igual a:

- a) 1
- b) 2
- c) 7
- d) 12
- e) 13



○ **29. (UFRGS)** Uma solução de cor violeta obtida pela fervura das folhas de repolho roxo pode ser utilizada como um indicador ácido-base. Em soluções com pH menor que 6, esse indicador adquire coloração vermelha; em soluções com pH maior que 9, ele adquire coloração verde.

Assinale a alternativa que representa corretamente as cores que as soluções aquosas de NH_4Cl , Na_2CO_3 e CaSO_4 adquirem na presença desse indicador.

	NH_4Cl	Na_2CO_3	CaSO_4
a)	vermelho	verde	violeta
b)	violeta	verde	vermelho
c)	verde	vermelho	violeta
d)	violeta	vermelho	verde
e)	vermelho	violeta	verde

○ **30. (UFRGS)** A tabela abaixo relaciona as constantes de acidez de alguns ácidos fracos.

Ácido	Constante
HCN	$4,9 \times 10^{-10}$
HCOOH	$1,8 \times 10^{-4}$
CH_3COOH	$1,8 \times 10^{-5}$

A respeito das soluções aquosas dos sais sódicos dos ácidos fracos, sob condições de concentrações idênticas, pode-se afirmar que a ordem crescente de pH é:

- a) cianeto < formiato < acetato
- b) cianeto < acetato < formiato
- c) formiato < acetato < cianeto
- d) formiato < cianeto < acetato
- e) acetato < formiato < cianeto

○ **31. (UFRGS)** A água mineral com gás pode ser fabricada pela introdução de gás carbônico na água, sob pressão de aproximadamente 4 atm.

Sobre esse processo, considere as afirmações abaixo.

- I. Quando o gás carbônico é introduzido na água mineral, provoca a diminuição na basicidade do sistema.
- II. Quando a garrafa é aberta, parte do gás carbônico se perde e o pH da água mineral fica mais baixo.
- III. Como o gás carbônico é introduzido na forma gasosa, não ocorre interferência na acidez da água mineral.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **32. (UFRGS)** O ácido fórmico é um ácido fraco, de fórmula HCOOH, encontrado nas formigas e na urtiga, e é o responsável pela sensação de queimadura.

Considere as seguintes afirmações, a respeito de soluções aquosas deste ácido.

- I. Quanto mais diluída for uma solução de ácido fórmico, maior a concentração de íons H^+ presentes.
- II. O pH da solução de ácido fórmico aumenta com o aumento da diluição do ácido.
- III. O pH de uma solução com $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de ácido fórmico é igual ao pH de uma solução de mesma concentração de ácido fórmico contendo $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de formiato de sódio (HCOONa).

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ **33. (UFRGS)** O pH de uma solução aquosa de ácido clorídrico cuja concentração é igual a 10^{-9} mol/L é aproximadamente igual a:

- a) 1
- b) 3
- c) 5
- d) 7
- e) 9

○ **34. (UFRGS)** Qual das soluções aquosas a seguir apresenta o pH mais elevado?

- a) NaOH $0,1 \text{ mol/L}$
- b) NaCl $0,5 \text{ mol/L}$
- c) H_2SO_4 $1,0 \text{ mol/L}$
- d) HCl $1,0 \text{ mol/L}$
- e) KOH $0,2 \text{ mol/L}$

○ **35. (UFRGS)** O acidente ocorrido recentemente com o navio Bahamas provocou o vazamento de milhares de toneladas de ácido sulfúrico na lagoa dos Patos. Em determinados locais, foram registrados valores de pH entre 3 e 4. Podemos afirmar que, nesses locais, a concentração aproximada de íons hidroxila, em mol/L, foi:

- a) maior que 10^{-11} .
- b) maior que 10^{-9} .
- c) maior que 10^{-7} .
- d) maior que 10^{-5} .
- e) maior que 10^{-4} .



○ 36. (UFRGS) O ano de 2011 foi proclamado como o **Ano Internacional da Química**, que abordou o tema **"Química - a nossa vida, o nosso futuro"**, envolvendo vários projetos no mundo todo.

Um dos projetos desenvolvidos foi denominado **"pH do planeta - Experimento global sobre a qualidade da água"**. Nesse projeto, alunos do mundo inteiro foram convidados a coletar amostras de água em suas regiões, a fim de mapear as condições de água no planeta.

No quadro abaixo, são mostrados alguns dados coletados no Brasil.

Local	Rio Itajaí do Sul-SC	Dique do Tororó-BA	Baía de Guanabara-RJ	Rio São Francisco-AL	Praia do Pina
Natureza da água	Fluvial	Manancial de água doce	Salgada	Fluvial	Salgada
pH	6.8	8.0	7.7	6.4	8.2

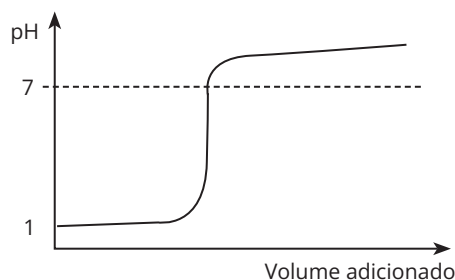
Sobre esses dados são feitas as seguintes afirmações.

- I. As águas fluviais analisadas apresentam concentrações de H^+ maiores que $10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$.
- II. A água do dique do Tororó é imprópria para consumo humano, devido a sua excessiva acidez.
- III. As águas salgadas analisadas apresentam concentrações de H^+ menores que as concentrações de H^+ das águas fluviais analisadas.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

○ 37. (UFRGS) Considere a curva de titulação mostrada na figura abaixo.



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Trata-se de uma curva de titulação de com

- a) ácido forte - base forte
- b) ácido forte - base fraca
- c) ácido fraco - base forte
- d) ácido fraco - base fraca
- e) base fraca - ácido forte

○ 38. (UFSM) Uma solução diluída de HCl , utilizada para limpeza, apresenta pH igual a 3,0.

Quais são as concentrações de OH^- e Cl^- , em mol L^{-1} , respectivamente, nessa solução?

- a) $11,0 \times 10^{-7}$ e $3,0 \times 10^{-7}$
- b) $1,0 \times 10^{-7}$ e $1,0 \times 10^{-3}$
- c) $1,0 \times 10^{-11}$ e $1,0 \times 10^{-3}$
- d) $11,0 \times 10^{-12}$ e $1,0 \times 10^{-3}$
- e) $1,0 \times 10^{-7}$ e $3,0 \times 10^{-1}$

○ 39. (UFRGS 2020) O ácido nitroso, HNO_2 , é um ácido fraco com $K_a = 4,3 \times 10^{-4}$.

A respeito de uma solução aquosa de $NaNO_2$, considere as seguintes afirmações.

- I. É uma solução de pH menor que 7.
- II. É mais alcalina do que uma solução aquosa de $NaCl$.
- III. É mais ácida do que uma solução aquosa de $NaOH$ de mesma concentração.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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



GABARITO

• Habilidades à prova

Unidade 1

1. B	10. C	19. E	28. A	37. B	46. D
2. B	11. D	20. D	29. C	38. E	47. C
3. B	12. C	21. B	30. E	39. C	48. C
4. D	13. D	22. A	31. C	40. C	49. A
5. B	14. D	23. A	32. B	41. C	50. C
6. D	15. C	24. E	33. B	42. C	51. A
7. D	16. C	25. B	34. D	43. B	52. D
8. A	17. C	26. D	35. D	44. C	53. E
9. D	18. A	27. E	36. E	45. B	

Unidade 2

1. C	9. E	17. E	25. D	33. D	41. B
2. B	10. C	18. A	26. E	34. A	42. A
3. B	11. D	19. B	27. D	35. D	43. A
4. E	12. B	20. E	28. B	36. B	44. B
5. C	13. B	21. D	29. B	37. D	45. D
6. C	14. B	22. E	30. B	38. C	
7. D	15. B	23. B	31. E	39. C	
8. D	16. C	24. B	32. C	40. D	

Unidade 3

1. E	6. D	11. D	16. C	21. D	26. A
2. D	7. D	12. D	17. A	22. A	
3. E	8. D	13. B	18. B	23. E	
4. E	9. A	14. E	19. C	24. D	
5. E	10. A	15. A	20. B	25. B	

Unidade 4

1. D	9. B	17. D	25. C	33. B	41. C
2. D	10. A	18. D	26. E	34. E	42. B
3. A	11. B	19. E	27. D	35. B	43. B
4. C	12. C	20. C	28. B	36. A	44. C
5. E	13. B	21. B	29. C	37. A	45. C
6. B	14. B	22. A	30. B	38. E	46. E
7. D	15. A	23. A	31. E	39. D	47. B
8. D	16. A	24. B	32. B	40. E	48. C

Unidade 5

1. D	5. C	9. D	13. D	17. E	21. C
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	20. E	

Unidade 6

1. E	11. D	21. D	31. B	41. B	51. D
2. A	12. B	22. C	32. C	42. B	52. E
3. D	13. D	23. A	33. D	43. E	53. A
4. C	14. A	24. D	34. C	44. C	54. E
5. E	15. C	25. D	35. C	45. B	55. D
6. C	16. E	26. D	36. E	46. A	56. B
7. A	17. B	27. C	37. A	47. D	57. A
8. A	18. D	28. C	38. C	48. A	
9. D	19. B	29. C	39. D	49. D	
10. E	20. A	30. B	40. C	50. B	

Unidade 7

1. A	7. E	13. A	19. E	25. D	31. D
2. E	8. B	14. B	20. D	26. C	32. D
3. C	9. A	15. A	21. C	27. D	33. A
4. B	10. C	16. C	22. A	28. E	34. C
5. C	11. B	17. A	23. A	29. A	
6. A	12. B	18. D	24. B	30. C	

Unidade 8

1. D	8. D	15. B	22. E	29. E	36. E
2. A	9. B	16. B	23. C	30. C	37. C
3. B	10. C	17. D	24. B	31. C	38. D
4. A	11. E	18. E	25. C	32. B	39. E
5. D	12. D	19. B	26. E	33. C	40. E
6. D	13. D	20. A	27. E	34. B	
7. B	14. B	21. B	28. C	35. E	

Unidade 9

1. D	8. C	15. D	22. C	29. A	36. D
2. C	9. B	16. C	23. C	30. C	37. B
3. A	10. D	17. C	24. D	31. A	38. C
4. E	11. C	18. E	25. E	32. B	39. D
5. D	12. D	19. C	26. C	33. D	
6. B	13. A	20. D	27. B	34. E	
7. C	14. C	21. B	28. D	35. A	

