

## 1. Introdução

Um dos grandes objetivos da química é o estudo das transformações químicas (chamadas também de reações químicas). A quantidade e complexidade das reações fizeram com que as dividíssemos em grupos com características semelhantes. A primeira grande divisão é entre reações inorgânicas, que são nosso foco neste momento, e reações orgânicas (específicas para composto do carbono).

Para representar as reações químicas, nós utilizamos a notação matemática de uma equação química, e algumas padronizações de comunicação são importantes:

- Os subscritos (s), (l), (v) ou (g) indicam o estado físico dos reagentes e produtos;
- O subscrito (aq) indica que a substância encontra-se em solução aquosa;
- Os símbolos  $\Delta$  e  $\lambda$  indicam que a reação ocorre mediante aquecimento e em presença de luz, respectivamente.

A ocorrência de uma reação pode ser detectada através de evidências macroscópicas como a formação de um precipitado, desprendimento de um gás e mudança de cor. Podem ocorrer também modificações só perceptíveis a medidores mais finos colocados no meio reacional como a alteração da condutividade elétrica.

## 2. Classificação

### 2.1 Reações de síntese ou adição

São reações nas quais, a partir de dois ou mais reagentes, se obtém um único produto. São do tipo  $A + B \rightarrow AB$ .

Ex.:

- Síntese total:  $H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$
- Síntese parcial:  $CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

### 2.2 Reações de análise ou decomposição

São reações nas quais, a partir de um único reagente, se obtém dois ou mais produtos. São do tipo  $AB \rightarrow A + B$ .

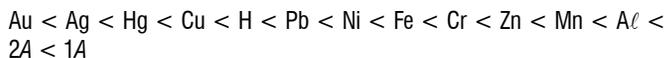
Ex.:

- Pirólise ou calcinação:  $2HgO_{(s)} \xrightarrow{\Delta} 2Hg_{(s)} + O_{2(g)}$
- Fotólise:  $2HI_{(g)} \xrightarrow{\lambda} H_{2(g)} + I_{2(s)}$
- Eletrólise:  $2HCl_{(aq)} \xrightarrow{e^-} Cl_{2(g)} + H_{2(g)}$

### 2.3 Reações de deslocamento, substituição ou simples troca

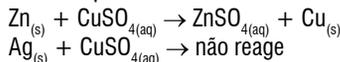
São reações de oxirredução do tipo  $A + BC \rightarrow B + AC$  ou  $A + BC \rightarrow C + BA$

No primeiro caso, um metal  $A$  deslocou o cátion  $B$  do sal  $BC$ . A ocorrência desse tipo de reação está condicionada à seguinte sequência de reatividade:

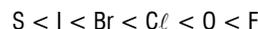


(metal da direita desloca o cátion do metal da esquerda)

Por exemplo:

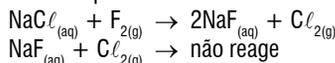


No segundo caso, um ametal  $A$  deslocou o ânion do sal  $BC$ . A ocorrência desse tipo de reação está condicionada à seguinte sequência de reatividade:



(ametal da direita desloca o ânion do ametal da esquerda)

Por exemplo:



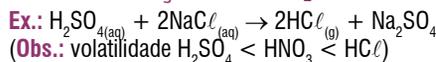
### 2.4 Reações de dupla-troca ou permutação

São reações do tipo  $AB + CD \rightarrow AD + CB$ . A ocorrência desse tipo de reação está condicionada a três pontos:

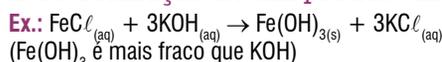
#### 2.4.1 Formação de um produto menos solúvel



#### 2.4.2 Formação de um produto mais volátil



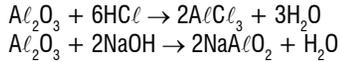
#### 2.4.3 Formação de um produto mais fraco



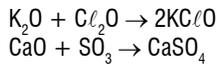
## 3. Principais reações inorgânicas

- Óxido Básico +  $H_2O \rightarrow$  Base  
 $Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$   
 $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
- Óxido Ácido +  $H_2O \rightarrow$  Ácido  
 $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$   
 $Cl_2O + H_2O \rightarrow 2HClO$
- Óxido Básico + Ácido  $\rightarrow$  Sal +  $H_2O$   
 $CaO + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O$   
 $Na_2O + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$   
 $CaO + HCl \rightarrow Ca(OH)Cl$
- Óxido Ácido + Base  $\rightarrow$  Sal +  $H_2O$   
 $SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$   
 $Cl_2O_3 + KOH \rightarrow 2KClO_2 + H_2O$   
 $SO_2 + NaOH \rightarrow NaHSO_3$

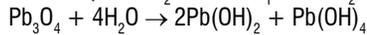
**Obs.:** Os óxidos anfóteros podem reagir como ácidos ou básicos de acordo com o outro reagente.



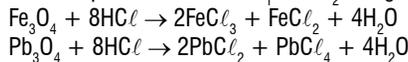
**e.** Óxido Básico + Óxido Ácido  $\rightarrow$  Sal



**f.** Óxido Duplo + H<sub>2</sub>O  $\rightarrow$  Base<sub>1</sub> + Base<sub>2</sub>



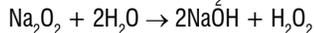
**g.** Óxido Duplo + Ácido  $\rightarrow$  Sal<sub>1</sub> + Sal<sub>2</sub> + Água



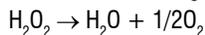
**h.** Óxido Duplo + Base  $\rightarrow$  Sal<sub>1</sub> + Sal<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O



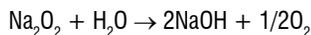
**i.** Peróxido Metálico + H<sub>2</sub>O  $\rightarrow$  Base + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



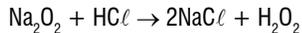
O Peróxido de Hidrogênio se decompõe em meio básico:



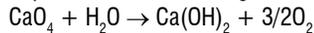
Então:



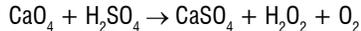
**j.** Peróxido Metálico + Ácido  $\rightarrow$  Sal + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>



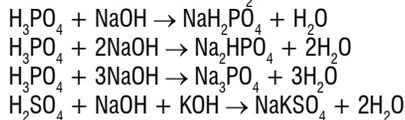
**k.** Superóxido Metálico + Água  $\rightarrow$  Base + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>



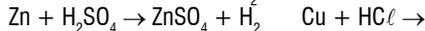
**l.** Superóxido Metálico + Ácido  $\rightarrow$  Sal + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>



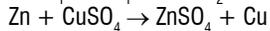
**m.** Ácido + Base  $\rightarrow$  Sal + H<sub>2</sub>O



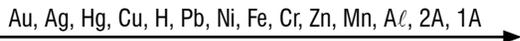
**n.** Ácido + Metal  $\rightarrow$  Sal + H<sub>2</sub>



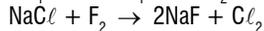
**o.** Metal<sub>1</sub> + Sal<sub>1</sub>  $\rightarrow$  Metal<sub>2</sub> + Sal<sub>2</sub>



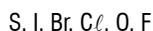
Lembre da reatividade:



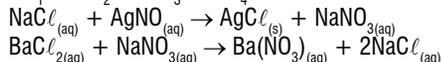
**p.** Sal<sub>1</sub> + Ametal<sub>1</sub>  $\rightarrow$  Sal<sub>2</sub> + Ametal<sub>2</sub>



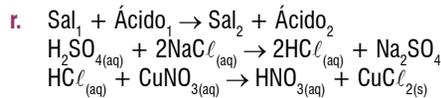
Lembre da reatividade:



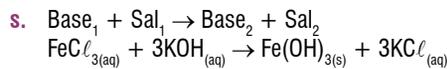
**q.** Sal<sub>1</sub> + Sal<sub>2</sub>  $\rightarrow$  Sal<sub>3</sub> + Sal<sub>4</sub>



Lembre que deve-se formar um sal menos solúvel (dupla-troca).



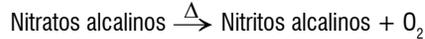
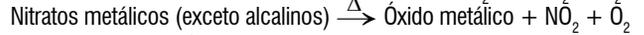
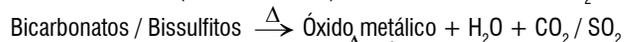
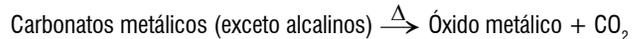
Lembre que deve-se formar um ácido mais volátil (dupla-troca).



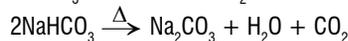
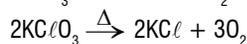
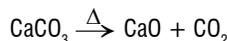
Lembre que deve-se formar uma base mais fraca (dupla-troca).

• **Observações importantes:**

**I.** Principais decomposições térmicas:



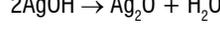
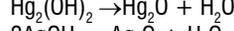
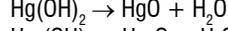
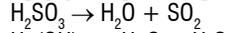
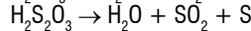
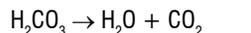
Exemplos:



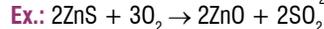
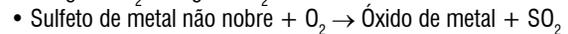
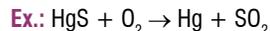
**II.** HF, HCl, HBr, HI, H<sub>2</sub>S, HCN, HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub> e H<sub>3</sub>C – COOH são ácidos voláteis. Já os ácidos H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, oxiácidos de fósforo, oxiácidos do boro e oxiácidos de silício são fixos.

**III.** Metais alcalinos e alcalinoterrosos deslocam o hidrogênio da água a frio, formando bases. Já os demais metais que são mais reativos que o hidrogênio, praticamente não reagem com água a frio, mas reagem com vapor d'água a alta temperatura, produzindo óxidos metálicos. Lembrem-se que os metais menos reativos que o hidrogênio, não reagem com água nem a frio nem a quente.

**IV.** Principais ácidos e bases instáveis:



**V.** A ustulação é um importante e comum processo químico caracterizado pela queima de sulfetos em fornos especiais com passagem de corrente de ar quente. As reações que caracterizam esse processo são:

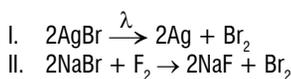


**VI.** As reações de metais com ácido nítrico e sulfúrico vêm caindo muito nos concursos militares (IME/ITA). Seguem as principais reações:

- Metal nobre (exceto Au e Pt) +  $\text{HNO}_{3(\text{dil})} \rightarrow$   
Nitrato metálico +  $\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$   
**Ex.:**  $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_{3(\text{dil})} \rightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 4\text{H}_2\text{O}$
- Metal nobre (exceto Au e Pt) +  $\text{HNO}_{3(\text{conc})} \rightarrow$   
Nitrato metálico +  $\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
**Ex.:**  $\text{Cu} + 4\text{HNO}_{3(\text{conc})} \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Metal nobre (exceto Au e Pt) +  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{conc})} \rightarrow$   
Sulfato metálico +  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
**Ex.:**  $\text{Cu} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{conc})} \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

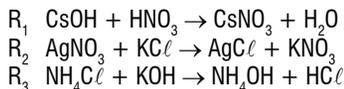
### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (MACKENZIE-SP)** As equações I e II representam, respectivamente, reações de:



- (A) Adição e dupla-troca.  
(B) Análise e simples troca.  
(C) Simples troca e dupla-troca.  
(D) Dupla-troca e análise.  
(E) Análise e adição.

**02 (UEPB)** Analise as equações abaixo:



Assinale a alternativa correta:

- (A)  $R_1$  é de precipitação;  $R_2$  forma base fraca;  $R_3$  é de neutralização.  
(B)  $R_1$  é de precipitação;  $R_2$  é de neutralização;  $R_3$  forma base fraca.  
(C)  $R_1$  é de neutralização;  $R_2$  é de precipitação;  $R_3$  forma base forte.  
(D)  $R_1$  é de neutralização;  $R_2$  é de precipitação;  $R_3$  forma base fraca.  
(E)  $R_1$  forma base fraca;  $R_2$  é de neutralização;  $R_3$  é de precipitação.

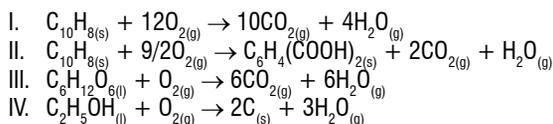
**03 (UCUIABÁ)** Os carros da Fórmula Indy (EUA) utilizam, como combustível, o metanol, álcool tóxico ao ser humano. Na reação de combustão completa deste combustível, produz-se:

- (A)  $\text{CO}_2$  e  $\text{SO}_2$ .  
(B)  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}$ .  
(C)  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$ .  
(D)  $\text{CO}_2$  e  $\text{CO}$ .  
(E)  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{SO}_2$ .

**04 (UNESP)** O gás carbônico gerado pela tripulação na atmosfera artificial de submarinos e espaçonaves deve ser removido do ar e o oxigênio recuperado. O superóxido de potássio,  $\text{KO}_2$ , é utilizado como um purificador de ar porque esse composto reage com gás carbônico e libera oxigênio. A equação química que descreve este fenômeno é:

- (A)  $\text{KO}_{2(\text{s})} + \text{CO}_{(\text{g})} \rightarrow \text{KCO}_{2(\text{s})} + \text{O}_{2(\text{g})}$   
(B)  $4\text{KO}_{2(\text{s})} + 2\text{CO}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_{3(\text{s})} + 3\text{O}_{2(\text{g})}$   
(C)  $4\text{KO}_{2(\text{s})} + 2\text{CO}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_{3(\text{s})} + 3\text{O}_{2(\text{g})}$   
(D)  $4\text{KO}_{2(\text{s})} + 2\text{CO}_{(\text{g})} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_{3(\text{g})} + 2\text{O}_{2(\text{g})}$   
(E)  $4\text{KO}_{2(\text{s})} + \text{CO}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{K}_2\text{CO}_{2(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$

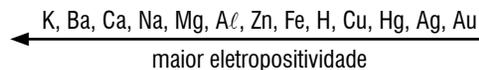
**05 (ITA-SP)** Considere as reações representadas pelas seguintes equações químicas balanceadas:



Das reações representadas pelas equações acima, são consideradas reações de combustão:

- (A) apenas I e III. (D) apenas II, III e IV.  
(B) apenas I, II e III. (E) todas.  
(C) apenas II e IV.

**06 (MACKENZIE-SP)** Analisando a fila de eletropositividade em ordem decrescente, verifica-se que a única reação que não ocorre é:



- (A)  $\text{Hg} + \text{Al}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow$   
(B)  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$   
(C)  $\text{Cu} + \text{AgNO}_3 \rightarrow$   
(D)  $\text{Mg} + \text{FeSO}_4 \rightarrow$   
(E)  $\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow$

**07 (UNIRIO)** Uma forma genérica de se obterem ácidos é a reação entre seu anidrido e água. Entre os ácidos abaixo relacionados, não pode ser obtido por esse processo o:

- (A) clorídrico. (D) clórico.  
(B) hipocloroso. (E) perclórico.  
(C) cloroso.

**08 (ITA-SP)** Gás natural, um recurso energético cada vez mais importante no mundo, tem sido apontado como um combustível "limpo" porque sua combustão produziria menos poluentes atmosféricos do que outros combustíveis fósseis, por exemplo, os derivados de petróleo. Dentre as opções abaixo, contendo afirmações relacionadas com a combustão do gás natural, assinale a única que contém a afirmação correta. A queima do gás natural:

- (A) não produz dióxido de carbono.  
(B) não produz monóxido de carbono, mesmo em condições que favorecem combustão incompleta.  
(C) produz apenas água, se as condições de combustão forem adequadamente ajustadas.  
(D) praticamente não produz dióxido de enxofre, se o gás for purificado previamente.  
(E) praticamente produz nitrogênio, se as condições de combustão forem rigorosamente ajustadas.

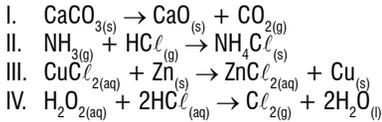
**09 (UNIFOR-CE)** Considere as seguintes transformações químicas:

- | Reagentes   | Produtos  |
|---|---|
| I. cloreto de sódio (fundido)                     | $\rightarrow$ cloro e sódio                           |
| II. calcário (sólido)                             | $\rightarrow$ dióxido de carbono e cal viva           |
| III. dióxido de carbono (gasoso) e água (líquida) | $\rightarrow$ glicose e oxigênio                      |
| IV. hidrato de carbono (sólido)                   | $\rightarrow$ álcool comum, dióxido de carbono e água |
| V. carbono (grafita) e oxigênio (gasoso)          | $\rightarrow$ dióxido de carbono                      |

Dentre as transformações indicadas, a que representa uma decomposição térmica é:

- (A) I. (D) IV.  
 (B) II. (E) V.  
 (C) III.

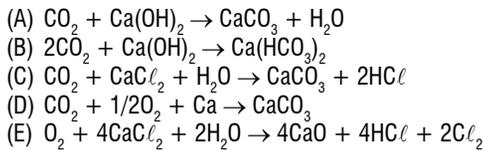
**10 (PUC-SP)** Considere as seguintes equações químicas:



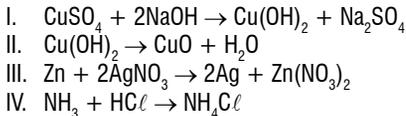
As reações representadas em I, II, III e IV podem ser classificadas, respectivamente, como:

- (A) decomposição, síntese, oxirredução e oxirredução.  
 (B) síntese, precipitação, metalação e neutralização.  
 (C) desproporcionamento, decomposição, corrosão e redução.  
 (D) decomposição, ácido-base, oxirredução e neutralização.  
 (E) decomposição, síntese, redução e decomposição.

**11 (FUVEST-SP)** Quando se sopra por algum tempo em água de cal, observa-se um sólido branco. A equação química que representa esse fenômeno é:



**12 (PUC-PR)** Fazendo-se a classificação das reações abaixo:



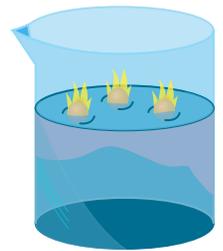
A ordem correta é:

- (A) decomposição, simples troca, dupla-troca, adição.  
 (B) dupla-troca, adição, simples troca, análise.  
 (C) dupla-troca, análise, deslocamento, síntese.  
 (D) deslocamento, análise, dupla-troca, adição.  
 (E) dupla-troca, decomposição, síntese, simples troca.

**13 (ITA-SP)** Ao colocar-se um pedaço de magnésio em uma solução de ácido clorídrico, verifica-se que ocorre aumento da temperatura e desprendimento de gás. O gás que se desprende é, sobretudo:

- (A) hidrogênio.  
 (B) vapor de água.  
 (C) vapor de magnésio.  
 (D) mistura de vapores de magnésio e água.  
 (E) mistura de vapores de magnésio e hidrogênio.

**14 (FUVEST-SP)** Colocam-se em um recipiente de vidro água destilada, gotas de solução de fenolftaleína e, em seguida, pedaços de sódio metálico. Observa-se, então, violenta reação do metal com a água, resultando chama na superfície exposta do metal e coloração rósea na solução. A chama e a coloração resultam, respectivamente, da queima de:



- (A) hidrogênio produzido na reação e aumento de pH.  
 (B) oxigênio produzido na reação e aumento de pH.  
 (C) nitrogênio do ar e aumento de pH.  
 (D) hidrogênio produzido na reação e diminuição de pH.  
 (E) nitrogênio do ar e diminuição de pH.

**15 (FATEC-SP)** O cloreto de potássio ( $\text{KCl}$ ) é um sal bastante solúvel em água. Essa solução foi submetida a alguns testes, cujos resultados estão representados abaixo:

Teste	Resultado
pH	Neutro.
Interação com solução de $\text{AgNO}_3$	Formação de precipitado.
Interação com solução de $\text{H}_2\text{SO}_4$	Não há formação de precipitado; não há formação de gás.

Assinale a alternativa em que se encontra um outro sal cuja solução aquosa, submetida aos mesmos testes, daria resultados análogos aos observados para a solução de  $\text{KCl}$ :

- (A)  $\text{CaS}$ .  
 (B)  $\text{MgO}$ .  
 (C)  $\text{BaI}$ .  
 (D)  $\text{NaBr}$ .  
 (E)  $\text{HF}$ .

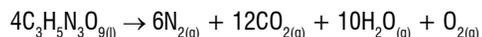
**16 (ITA-SP)** Cite dois exemplos de óxidos anfóteros e escreva as equações balanceadas de suas reações com soluções aquosas muito alcalinas.

**17 (UFPI)** No que diz respeito à parafina, durante a queima de uma vela, podemos afirmar que:

- (A) transforma-se em monóxido de carbono e água.  
 (B) sofre apenas um processo físico de fusão.  
 (C) sofre uma reação química com o oxigênio.  
 (D) sofre apenas um processo físico de vaporização.  
 (E) apenas o pavio queima, pois a parafina é quimicamente inerte.

EXERCÍCIOS NÍVEL 2

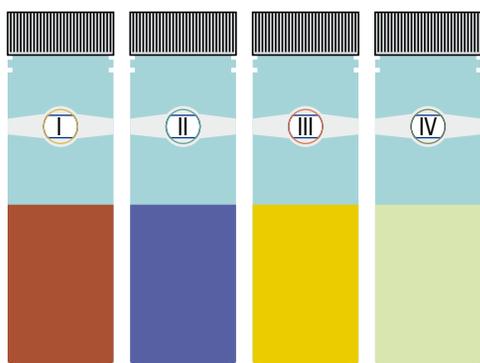
**01 (UECE)** “Explosão com dinamite fere 14 crianças”. Manchete principal do jornal *O Povo* de 28/04/04, que informa que a explosão destruiu seis salas de aula de uma escola estadual localizada em Itapipoca. A dinamite é uma mistura de nitroglicerina com material sólido absorvente. A nitroglicerina é um líquido oleoso, amarelo pálido, muito sensível ao choque mecânico, que ao ser submetida a agitação, decompõe-se:



Pode-se afirmar corretamente, que:

- (A) diferentemente das reações de combustão, as explosões são autossuficientes.
- (B) a nitroglicerina é um composto nitrogenado pertencente à família das aminas.
- (C) existem três grupos nitro ( $\text{NO}_2$ ) ligados ao esqueleto carbônico da nitroglicerina.
- (D) as explosões da dinamite só ocorrem devido à presença de  $\text{CO}_2$  na atmosfera.

**02 (UEL-PR)** Em um processo de avaliação experimental, um aluno recebeu 4 rótulos contendo, separadamente, informações sobre os seguintes reagentes:  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{KCl}$  e  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Recebeu, também, 4 frascos cada um contendo um desses reagentes, porém, sem identificação. Com o objetivo de rotulá-los adequadamente, o aluno numerou-os de I a IV, conforme figura a seguir, e fez alguns testes com amostras das soluções de cada frasco, obtendo as seguintes informações:



- 1ª Com a adição de ácido clorídrico, houve desprendimento de gás na amostra do frasco I e formação de um precipitado na amostra do frasco II;
- 2ª Com adição de cloreto de sódio, observou formação de precipitado na amostra do frasco II;
- 3ª Com adição de hidróxido de sódio, observou formação de precipitado nas amostras dos frascos II e IV;
- 4ª Com a adição de ácido clorídrico, cloreto de sódio e hidróxido de sódio, nenhuma reação de precipitação ocorreu em amostras do frasco III.

De acordo com os resultados dos testes realizados, os frascos I, II, III e IV contêm, respectivamente:

- (A)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .
- (B)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KCl}$ .
- (C)  $\text{KCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ .
- (D)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ .
- (E)  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

**03 (UFJF-MG)** Baterias de carros usam ácido sulfúrico como um dos seus constituintes, enquanto o ácido clorídrico (ou muriático) é utilizado para limpeza de pisos e calçadas. Para distinguir uma solução aquosa de ácido sulfúrico de outra solução aquosa de ácido clorídrico, basta adicionar a cada uma delas:

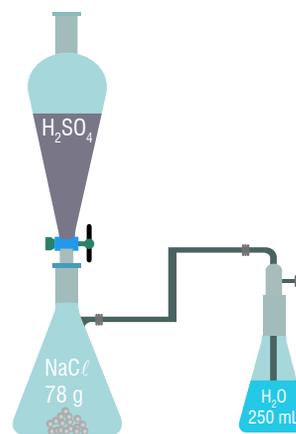
- (A) uma solução aquosa de hidróxido de sódio.
- (B) uma solução aquosa de nitrato de bário.
- (C) raspas de magnésio.
- (D) uma porção de carbonato de sódio.
- (E) gotas de fenolftaleína.

**04 (UDESC)** As reações de precipitação ocorrem quando certos pares de íons de cargas contrárias se atraem tão fortemente que formam um composto iônico insolúvel. Na reação entre o nitrato de chumbo II e o iodeto de potássio, são formados dois compostos, sendo que um deles é insolúvel em água.

Os compostos formados na reação e o composto insolúvel são, respectivamente:

- (A)  $\text{KI}$  e  $\text{PbNO}_3$ , composto insolúvel  $\text{PbNO}_3$ .
- (B)  $\text{PbI}_2$  e  $\text{KNO}_3$ , composto insolúvel  $\text{KNO}_3$ .
- (C)  $\text{PbI}_2$  e  $\text{KNO}_3$ , composto insolúvel  $\text{PbI}_2$ .
- (D)  $\text{PbI}$  e  $\text{KNO}_2$ , composto insolúvel  $\text{PbI}$ .
- (E)  $\text{PbI}$  e  $\text{KNO}_2$ , composto insolúvel  $\text{KNO}_2$ .

**05 (UFG-GO)** Observe o esquema, abaixo:



- a. Escreva a equação química que representa a reação que ocorrerá no Kitassato, após a abertura da torneira do funil de Squibb.
- b. Determine a densidade da solução que se formará no erlenmeyer, considerando que todo o gás produzido reagirá com a água. ( $d_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ).
- c. Classifique a reação e explique qual o motivo dela ocorrer.

**06 (UFU-MG)** Quando soluções aquosas diluídas de nitrato de chumbo (II) e de cloreto de potássio são misturadas em um béquer, um precipitado amarelo é observado.

A respeito da reação química ocorrida, responda às questões propostas.

- a. Quais são as espécies químicas encontradas no béquer?
- b. Dê o nome do precipitado formado.

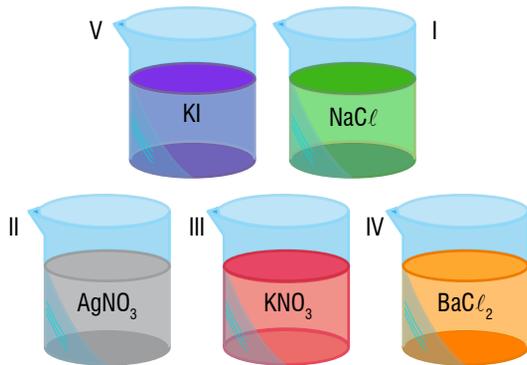
**07 (UPE)** Analise as equações que correspondem às reações químicas possíveis de ocorrerem.

- I.  $\text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + 2\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa}_{(aq)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)}$
- II.  $\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)} + 2\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow 2\text{NaCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CO}_{2(g)}$
- III.  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_{3(aq)} + 3\text{Cu}_{(s)} \rightarrow 3\text{CuSO}_{4(aq)} + 2\text{Fe}_{(s)}$
- IV.  $2\text{Au}_{(s)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{Au}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{H}_{2(g)}$
- V.  $\text{Na}_2\text{O}_{(aq)} + \text{SO}_{3(g)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)}$
- VI.  $3(\text{NH}_4)_2\text{S}_{(aq)} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_{3(aq)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{S}_{3(s)} + 3(\text{NH}_4)_2\text{SO}_{4(aq)}$
- VII.  $\text{CuSO}_{4(aq)} + 2\text{NaOH}_{(aq)} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_{2(s)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)}$

Assinale a alternativa que contempla as equações químicas corretas:

- (A) I, II, V e VII, apenas.
- (B) II, V, VI e VII, apenas.
- (C) II, IV, V e VII, apenas.
- (D) VI e VII, apenas.
- (E) IV, V, VI e VII, apenas.

**08 (FES-PE)** Dispõe-se de cinco béqueres contendo cada um as soluções:



É correto, em relação a essas soluções, afirmar que:

- (A) gotejando-se ácido clorídrico em cada um desses béqueres, haverá precipitado apenas nos béqueres II e III.
- (B) as soluções dos béqueres I e III reagem violentamente, originando dois sais, apenas um sendo insolúvel.
- (C) gotejando-se ácido sulfúrico nos béqueres IV e V, haverá formação de precipitado apenas no béquer V.
- (D) juntando-se alíquotas dos béqueres I e II em um tubo de ensaio, será observada a formação de um precipitado.
- (E) nenhuma das soluções acima origina precipitados, se reagirem entre si. Apenas a solução do béquer III, em contato com ácido sulfúrico, forma um precipitado.

**09 (MACKENZIE-SP)** Na reação entre ácido hipofosforoso e hidróxido de potássio forma-se:

- (A)  $K_3PO_2$  ou  $K_2HPO_2$  ou  $KH_2PO_2$ , dependendo da proporção entre os reagentes.
- (B)  $K_2HPO_2$  ou  $KH_2PO_2$ , dependendo da proporção entre os reagentes.
- (C)  $KH_2PO_2$ , independentemente da proporção entre os reagentes, mas nunca se formará  $K_2HPO_2$  nem  $K_3PO_2$ .
- (D)  $K_3PO_4$  ou  $K_3PO_3$  ou  $K_3PO_2$ , dependendo da proporção entre os reagentes.
- (E) nada se pode afirmar.

**10 (ITA-SP)** Quando soluções aquosas de sulfeto de sódio e de nitrato de prata são misturadas, observa-se uma lenta turvação da mistura, que com o passar do tempo é sedimentada na forma de um precipitado preto. Qual das equações químicas abaixo é mais indicada para descrever a transformação química que ocorre?

- (A)  $Na_2S + 2AgNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + Ag_2S$
- (B)  $Na^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)} \rightarrow NaNO_3(s)$
- (C)  $S^{2-}_{(aq)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightarrow Ag_2S(s)$
- (D)  $2Na^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} + 2Ag^+_{(aq)} + 2NO_3^-_{(aq)} \rightarrow 2NaNO_3(s) + Ag_2S(s)$
- (E)  $Na_2S + 2AgNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + Ag_2S$

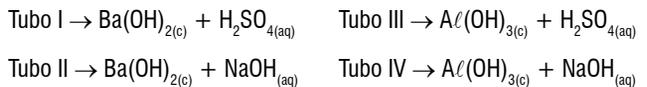
**11 (ITA-SP)** São misturados volumes iguais de soluções aquosas de duas substâncias distintas, ambas as soluções com concentração  $5,00 \cdot 10^{-3}$  molar. Dentre os pares abaixo, assinale aquele para o qual **não** irá ocorrer reação perceptível:

- (A)  $Na_2SO_3 + HCl$
- (B)  $KCl + MgSO_4$
- (C)  $KI + Pb(NO_3)_2$
- (D)  $CaCl_2 + K_2CO_3$
- (E)  $CO_2 + Ba(OH)_2$

**12 (ITA-SP)** Num mesmo copo juntam-se volume iguais das três soluções seguintes, todas  $0,10$  molar: nitrato de prata, nitrato cúprico e ácido sulfúrico. Nota-se que nessa mistura ocorre uma reação. A equação química que representa essa reação é:

- (A)  $Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow CuSO_4(c)$
- (B)  $2Ag^+_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow 2AgO(c) + SO_2(g)$
- (C)  $2Cu^+_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow 2Cu(c) + H_2(g)$
- (D)  $2SO_4^{2-}_{(aq)} + 2NO_3^-_{(aq)} + 4H^+_{(aq)} \rightarrow SO_2O_8^{2-}_{(aq)} + 2NO_2(g) + 2H_2O(l)$
- (E)  $2Ag^+_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)} \rightarrow Ag_2SO_4(c)$

**13 (ITA-SP)** Em quatro tubos de ensaio foram colocados os reagentes especificados abaixo em quantidades suficientes para completar qualquer reação química que pudesse ocorrer:



Examinando, em seguida, o conteúdo de cada tubo, deve-se verificar que ele se apresenta da seguinte forma:

	Tubo I	Tubo II	Tubo III	Tubo IV
(A)	Transparente, incolor	Transparente, incolor	Transparente, incolor	Transparente, incolor
(B)	Turvo, branco	Turvo, branco	Transparente, incolor	Transparente, incolor
(C)	Transparente, incolor	Turvo, branco	Transparente, incolor	Turvo, branco
(D)	Transparente, incolor	Transparente, incolor	Turvo, branco	Turvo, branco
(E)	Turvo, branco	Transparente, incolor	Turvo, branco	Transparente, incolor

**14 (UNIFOR-CE)** Objetos de prata escurecidos, devido à formação de  $Ag_2S$  (preto), podem ser limpos esfregando-se uma mistura, umedecida, de alumínio com bicarbonato de sódio ( $NaHCO_3$ ). A reação que deve ocorrer é representada, corretamente, por:

- (A)  $3Ag^+ + Al \rightarrow Al^{3+} + 3Ag$
- (B)  $Ag^+ + Al \rightarrow Al^{3+} + Ag$
- (C)  $Ag + Al^{3+} \rightarrow Al + Ag^{2+}$
- (D)  $Ag + H_3O^+ \rightarrow H_2O + 2H_2 + Ag^+$
- (E)  $2Ag + H_2O \rightarrow Ag_2O + H_2$

**15 (UFRN)** Nas cinco equações químicas enumeradas a seguir, estão representadas reações de simples troca, também chamadas reações de deslocamento:

- I.  $Fe_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Fe(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$
- II.  $3Ni_{(s)} + 2AlCl_{3(aq)} \rightarrow 3NiCl_{2(aq)} + 2Al_{(s)}$
- III.  $Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$
- IV.  $Sn_{(s)} + 2Cu(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow Sn(NO_3)_{4(aq)} + 2Cu_{(s)}$
- V.  $2Au_{(s)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow 2AuCl_{(aq)} + Mg_{(s)}$

Analisando essas equações, com base na ordem decrescente de reatividades, pode-se prever que devem ocorrer espontaneamente apenas as reações de número:

- (A) III, IV e V.
- (B) II, III e V.
- (C) I, II e III.
- (D) I, III e IV.

**16 (ITA-SP)** Qual das opções a seguir contém a afirmação **errada** a respeito do que se observa quando da adição de uma porção de níquel metálico, pulverizado, a uma solução aquosa, ligeiramente ácida, de sulfato de cobre?

- (A) A mistura muda gradualmente de cor.  
 (B) A concentração de íons  $\text{Ni}^{2+}$  aumenta.  
 (C) A concentração de íons  $\text{Cu}^{2+}$  diminui.  
 (D) A quantidade de níquel oxidado é igual à quantidade de cobre reduzido.  
 (E) O pH da solução aumenta.

**17 (UNIMES-SP)** Um determinado processo industrial é realizado com a queima, na presença de ar, de um alceno. Um dos produtos obtidos nesse processo é o chamado “negro de fumo”, o qual é utilizado como pigmento preto para tintas.

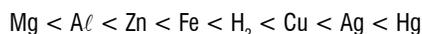
Diante do exposto, pode-se afirmar que se trata de:

- (A) combustão com excesso de ar, produzindo  $\text{CO}_2$ .  
 (B) combustão com limitação de ar, produzindo  $\text{CO}_2$ .  
 (C) combustão com limitação de ar, produzindo C.  
 (D) combustão com excesso de ar, produzindo C.  
 (E) combustão com excesso de ar, produzindo CO.

**18 (ITA-SP)** Qual das opções abaixo contém a equação **correta** que representa uma reação que poderá ocorrer com o ouro (Au) nas condições ambientes?

- (A)  $2\text{Au}_{(c)} + 6\text{HCl}_{(aq)} \rightarrow 2\text{AuCl}_{3(aq)} + 3\text{H}_{2(g)}$   
 (B)  $\text{Au}_{(c)} + 6\text{HNO}_{3(aq)} \rightarrow \text{Au}(\text{NO}_3)_{3(aq)} + 3\text{NO}_{2(g)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$   
 (C)  $8\text{Au}_{(c)} + 27\text{H}^+_{(aq)} + 3\text{NO}_3^-_{(aq)} \rightarrow 8\text{Au}^{3+}_{(aq)} + 3\text{NH}_{3(g)} + 9\text{H}_2\text{O}_{(l)}$   
 (D)  $\text{Au}_{(c)} + 4\text{Cl}^-_{(aq)} + 3\text{NO}_3^-_{(aq)} + 6\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{AuCl}_4^-_{(aq)} + 3\text{NO}_{2(g)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$   
 (E)  $\text{Au}_{(c)} + 3\text{NO}_3^-_{(aq)} + 4\text{Cl}^-_{(aq)} + 6\text{H}^+_{(aq)} \rightarrow \text{AuCl}_4^-_{(aq)} + 3/2\text{N}_{2(g)} + 3\text{O}_{2(g)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

**19 (ITA-SP)** Considere a seguinte série ordenada da escala de nobreza dos metais:



Com relação à informação acima, qual das seguintes opções contém a afirmação **falsa**?

- (A) Soluções de ácido clorídrico reagem com mercúrio, produzindo hidrogênio gasoso.  
 (B) Hidrogênio gasoso, sob 1 atm, é capaz de reduzir soluções de sais de cobre a cobre metálico.  
 (C) Soluções de sais de prata reagem com cobre, produzindo prata metálica.  
 (D) Esta escala de nobreza pode ser estabelecida a partir de reações de deslocamento.  
 (E) Esta escala de nobreza não permite prever como as velocidades de dissolução de Al e Fe por HCl diferem entre si.

### EXERCÍCIOS NÍVEL 3

**01 (ITA-SP)** A adição de glicose sólida ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) a clorato de potássio ( $\text{KClO}_3$ ) fundido, a  $400^\circ\text{C}$ , resulta em uma reação que forma dois produtos gasosos e um sólido cristalino. Quando os produtos gasosos formados nessa reação, e resfriados à temperatura ambiente, são borbulhados em uma solução aquosa 0,1 mol/L em hidróxido de sódio, contendo algumas

gotas de fenolftaleína, verifica-se a mudança de cor desta solução de rosa para incolor. O produto sólido cristalino apresenta alta condutividade elétrica, tanto no estado líquido como em solução aquosa. Assinale a opção **correta** que apresenta os produtos formados na reação entre glicose e clorato de potássio:

- (A)  $\text{C}_{2(g)}$ ,  $\text{H}_{2(g)}$ ,  $\text{C}_{(s)}$   
 (B)  $\text{CO}_{2(g)}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ,  $\text{KCl}_{(s)}$   
 (C)  $\text{CO}_{(g)}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ,  $\text{KClO}_{4(s)}$   
 (D)  $\text{CO}_{(g)}$ ,  $\text{CH}_4(g)$ ,  $\text{KClO}_{2(s)}$   
 (E)  $\text{C}_{2(g)}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_{3(s)}$

**02 (ITA-SP)** São descritos, a seguir, dois experimentos e respectivas observações envolvendo ossos limpos e secos provenientes de uma ave.

- I. Um osso foi imerso em uma solução aquosa 10% (v/v) em ácido fórmico. Após certo tempo, observou-se que ele havia se tornado flexível.
  - II. Um outro osso foi colocado em uma cápsula de porcelana e submetido a aquecimento em uma chama de bico de Bunsen. Após um longo período de tempo, observou-se que ele se tornou frágil e quebradiço.
- a. Explique as observações descritas nos dois experimentos.
  - b. Baseando-se nas observações acima, preveja o que acontecerá se um terceiro osso limpo e seco for imerso em uma solução aquosa  $1 \text{ mg L}^{-1}$  em fluoreto de sódio e, a seguir, em uma solução aquosa a 10% (v/v) em ácido fórmico. Justifique a sua resposta.

**03 (UNICAMP-SP – adaptada)** No armazém de uma empresa, perderam-se acidentalmente os rótulos de três barricas. Uma delas contém nitrato de amônio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), outra carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e outra, nitrato de sódio ( $\text{NaNO}_3$ ). Todos estes sais têm o mesmo aspecto (pós brancos). Utilizando apenas vinagre (solução aquosa de ácido acético), água filtrada, copos e talheres, disponíveis na cozinha da empresa, e também as informações abaixo, como você faria para identificar estes sais?

“Os sais de amônio, em presença de hidróxidos e carbonatos de metais alcalinos, desprendem amônia,  $\text{NH}_3$ , de cheiro característico.”

“Os carbonos reagem com ácido, produzindo efervescência, ou seja, desprendimento de gás carbônico.  $\text{CO}_2$ .”

**04 (UNICAMP-SP – adaptada)** Você tem diante de si um frasco com um pó branco que pode ser um dos seguintes sais: cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ou carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Dispondo apenas de recipientes de vidro, água e ácido clorídrico como você faria para identificar o sal?

**05 (ITA-SP)** O fogo-fátuo (o boitatá dos índios e caboclos) é o nome dado ao fenômeno decorrente da combustão espontânea de um certo gás, normalmente emanado de sepulturas e pântanos. Qual é esse gás?

- (A)  $\text{H}_2$ .  
 (B)  $\text{NH}_3$ .  
 (C)  $\text{AsH}_3$ .  
 (D)  $\text{PH}_3$ .  
 (E)  $\text{CH}_4$ .

## 1. Definição

Um dos principais pontos do estudo das reações químicas é entender a rapidez com que elas ocorrem. No ramo da engenharia, por exemplo, é comum nos depararmos com uma reação termodinamicamente favorável mas cuja lenta cinética impede a aplicação industrial dessa reação.

Sendo assim, neste momento, estudaremos a cinética radioativa, que é o estudo da velocidade das reações químicas e dos fatores que a influem.

## 2. Velocidade média de determinado componente

É definida com a razão entre a variação da quantidade do referido componente e o tempo demorado para essa variação. Matematicamente temos:

$$v = \frac{\Delta[\ ]}{\Delta T}$$

Note que:

$$\begin{aligned} v_{\text{reagente}} &< 0 \text{ (indicando consumo)} \\ v_{\text{produto}} &> 0 \text{ (indicando formação)} \end{aligned}$$

**Exemplo 1:** Para a reação de formação de amônia, calcule a velocidade de cada um dos componentes entre os tempos 0 e 10 min.

Dados: Volume do recipiente = 1 L

	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
0 min	4 mols	14 mols	0 mols
10 min	2 mols	8 mols	4 mols
20 min	1 mol	5 mols	6 mols

Para o N<sub>2</sub>

Calculando a concentração no tempo 0 → [N<sub>2</sub>] =  $\frac{4}{1}$  = 4 mol/L

Calculando a concentração no tempo 10 → [N<sub>2</sub>] =  $\frac{2}{1}$  = 2 mol/L

$$\Delta[\text{N}_2] = 2 - 4 = -2 \text{ mol/L}$$

**Velocidade N<sub>2</sub>:**  $v = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta T} = \frac{-2}{10} = -0,2 \text{ mol/L/} \ell \text{min}$  (reagente sendo consumido)

Para o H<sub>2</sub>

Calculando a concentração no tempo 0 → [H<sub>2</sub>] =  $\frac{14}{1}$  = 14 mol/L

Calculando a concentração no tempo 10 → [H<sub>2</sub>] =  $\frac{8}{1}$  = 8 mol/L

$$\Delta[\text{H}_2] = 8 - 14 = -6 \text{ mol/L}$$

**Velocidade H<sub>2</sub>:**  $v = \frac{\Delta[\text{H}_2]}{\Delta T} = \frac{-6}{10} = -0,6 \text{ mol/Lmin}$  (reagente sendo consumido)

Para o NH<sub>3</sub>

Calculando a concentração no tempo 0 → [NH<sub>3</sub>] =  $\frac{0}{1}$  = 0 mol/L

Calculando a concentração no tempo 10 → [NH<sub>3</sub>] =  $\frac{4}{1}$  = 4 mol/L

$$\Delta[\text{NH}_3] = 4 - 0 = 4 \text{ mol/L}$$

**Velocidade NH<sub>3</sub>:**  $v = \frac{\Delta[\text{NH}_3]}{\Delta T} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ mol/Lmin}$  (produto sendo formado)

## 3. Velocidade média da reação

Pode-se observar no exemplo anterior que cada componente da reação tem uma velocidade própria de acordo com os índices estequiométricos.

A velocidade média da reação é definida como a velocidade de cada componente dividida pelo respectivo coeficiente estequiométrico. Para uma reação genérica aA + bB → cC + dD, tem-se:

$$v_{\text{reação}} = -\frac{v_A}{a} = -\frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d}$$

Para o exemplo em questão:

$$v_{\text{reação}} = \frac{|v_{\text{N}_2}|}{1} = \frac{|v_{\text{H}_2}|}{3} = \frac{|v_{\text{NH}_3}|}{2}$$

**Exemplo 2:** Utilizando a tabela do exemplo 1, calcule a velocidade da reação entre os tempos 0 e 20 min.

Para o N<sub>2</sub>

Calculando a concentração no tempo 0 → [N<sub>2</sub>] =  $\frac{4}{1}$  = 4 mol/L

Calculando a concentração no tempo 20 → [N<sub>2</sub>] =  $\frac{2}{1}$  = 1 mol/L

$$\Delta[\text{N}_2] = 1 - 4 = -3 \text{ mol/L}$$

**Velocidade N<sub>2</sub>:**  $v = \frac{\Delta[\text{N}_2]}{\Delta T} = \frac{-3}{20} = -0,15 \text{ mol/Lmin}$

**Velocidade da reação:**  $v = \frac{|v_{\text{N}_2}|}{1} = 0,15 \text{ mol/Lmin}$

Para o H<sub>2</sub>

Calculando a concentração no tempo 0 → [H<sub>2</sub>] =  $\frac{14}{1}$  = 14 mol/L

Calculando a concentração no tempo 20  $\rightarrow [H_2] = \frac{5}{1} = 5 \text{ mol/L}$

$$\Delta[N_2] = 5 - 14 = -9 \text{ mol/L}$$

**Velocidade  $H_2$ :**  $V = \frac{\Delta[H_2]}{\Delta t} = \frac{-9}{20} = -0,45 \text{ mol/lmin}$

**Velocidade da reação:**  $V = \frac{|V_{H_2}|}{3} = 0,15 \text{ mol/Lmin}$

Para o  $NH_3$

Calculando a concentração no tempo 0  $\rightarrow [NH_3] = \frac{0}{1} = 0 \text{ mol/L}$

Calculando a concentração no tempo 20  $\rightarrow [NH_3] = \frac{6}{1} = 6 \text{ mol/L}$

$$\Delta[NH_3] = 6 - 0 = 6 \text{ mol/L}$$

**Velocidade  $NH_3$ :**  $V = \frac{\Delta[NH_3]}{\Delta t} = \frac{6}{20} = 0,3 \text{ mol/lmin}$

**Velocidade da reação:**  $V = \frac{|V_{NH_3}|}{2} = 0,15 \text{ mol/Lmin}$

**Obs.:** Observe que, com o tempo, a velocidade da reação fica menor (exemplos 1 e 2). Por que isso acontece?

## 4. Teoria dos choques efetivos

Toda reação acontece através de choques entre as moléculas de reagente. São esses choques os responsáveis pela ruptura das ligações. Alguns choques acontecem em orientação não perfeita e são tidos como choques não-efetivos (reação mais lenta). No estudo da cinética, apenas os **choques efetivos**, que estão na orientação adequada (reação rápida), são considerados.

Sendo assim, uma reação pode se processar por caminhos diferentes, mas optamos sempre pelo de maior velocidade (relacionado a choques efetivos).

Os choques efetivos, além de estarem na orientação adequada, possuem um valor mínimo de energia suficiente para romperem as ligações dos reagentes. Essa energia mínima é chamada de **energia de ativação**.

Logo, para que uma reação aconteça mais rapidamente, devemos ter fatores que aumentem a energia das moléculas a fim de se atingir mais facilmente a energia de ativação. Ou seja, quanto maior for a energia inicial das moléculas reagentes, mais rápida é a reação.

## 5. Fatores que afetam a velocidade da reação

### 5.1 Temperatura

Quanto maior a temperatura, maior a agitação das moléculas, com as moléculas mais agitadas temos uma maior quantidade de choques (ocorrendo maior número de choques efetivos), ou seja, o aumento da temperatura aumenta a velocidade da reação (independente do sentido da reação).

### 5.2 Energia de ativação

A energia de ativação é a mínima energia necessária para que ocorra uma reação química, sendo assim, quanto maior o valor da energia de ativação, menor a velocidade da reação (pois devemos ter um maior tempo para que a reação comece a acontecer).

### 5.3 Superfície de contato

Quanto maior a superfície de contato, maiores são as possibilidades de choques efetivos (maior contato entre as moléculas), sendo assim, quanto maior a superfície de contato, maior a velocidade da reação. Além disso, as reações em sistemas homogêneos acontecem com maior rapidez que em sistemas heterogêneos, pois nos sistemas heterogêneos a superfície de contato está restrita à interface entre os meios reagentes.

### 5.4 Pressão (sistema em fase gasosa)

O aumento de pressão aumenta a possibilidade dos choques, aumentando os choques temos mais contato efetivo, isso faz com que tenhamos um aumento na velocidade da reação.

### 5.5 Concentração

Quanto maior a concentração dos reagentes, maior o número de moléculas no sistema, isso faz com que se tenha um maior contato entre as moléculas, gerando maior velocidade da reação.

### 5.6 Estado físico

As reações (devido à superfície de contato) ocorrem mais rapidamente quando em estado gasoso, seguido do estado líquido e mais lentamente no estado sólido.

## 6. Velocidade instantânea

A velocidade instantânea é aquela que mede a real velocidade de consumo ou produção de um participante em um determinado instante, ou seja, é a divisão da variação na quantidade do participante durante um pequeno intervalo de tempo (infinitesimal  $dt$ ) por esse mesmo intervalo  $dt$ .

Matematicamente, temos:

$$V_A = \frac{d[A]}{dt} \quad V_B = \frac{d[B]}{dt} \quad V_C = \frac{d[C]}{dt} \quad V_D = \frac{d[D]}{dt}$$

De maneira prática, o cálculo da velocidade instantânea se processa através da relação:

$$V = K[\text{reagentes}]^a$$

Onde:  $K$  = constante.

$[ ]$  = concentração dos reagentes (gás e solução)

$a$  = ordem referente a cada componente

A constante de reação  $K$  é definida segundo a equação de Arrhenius:

$$K = A \cdot e^{\frac{-E_A}{RT}}$$

Onde:  $A$  = fator pré-exponencial (constante)

$E_A$  = energia de ativação

$T$  = temperatura

$R$  = constante universal dos gases

Na maioria das vezes, o desafio envolve a determinação da ordem de reação:

### 6.1 Reação elementar

Reação que se processa em apenas uma etapa. Neste caso, a ordem coincide com o coeficiente estequiométrico na reação.

**Exemplo 3:** Sabendo que a reação a seguir é elementar, determine a fórmula da velocidade instantânea.



Como estamos tratando de uma reação elementar, sabemos que a ordem coincide com o coeficiente estequiométrico, como a reação está equilibrada, podemos dizer que a expressão da velocidade é:

$$V = K[O][O_2]$$

### 6.2 Reação não elementar

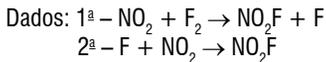
Reação que ocorre em mais de uma etapa. O cálculo da ordem pode ser feito de duas formas:

#### 6.2.1 Quando é fornecido o mecanismo de reação

O mecanismo de reação consiste na informação de cada uma das etapas que formam a reação, sendo cada uma dessas etapas uma reação elementar.

Neste caso, devemos adotar para a fórmula da velocidade a etapa lenta (informada de alguma forma).

**Exemplo 3:** Sabendo que a formação de  $NO_2F$  acontece em duas etapas e que a 1ª etapa apresenta maior energia de ativação, apresenta a fórmula da velocidade instantânea para esse processo.



Como estamos tratando de duas etapas elementares, basta identificarmos a etapa lenta, neste caso, a ordem será coincidente com o coeficiente estequiométrico desta reação. Como a etapa 1 apresenta maior energia de ativação, essa etapa será a etapa lenta.

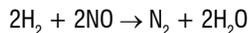
Portanto, a expressão da velocidade será:

$$V = K[NO_2][F_2]$$

#### 6.2.2 Quando são fornecidos valores de concentração x velocidade

Devemos realizar um sistema de equações a fim de se determinar a ordem de cada um dos componentes.

**Exemplo:** Em um laboratório, foram efetuadas diversas experiências para a reação:



Experiência	$[H_2]$	$[NO]$	$V(\text{mol/Ls})$
1	0,10	0,10	0,10
2	0,20	0,10	0,20
3	0,10	0,20	0,40
4	0,30	0,10	0,30
5	0,10	0,30	0,90

Determine a lei de formação da velocidade, a ordem e o valor da constante de formação.

Como não sabemos se a reação é elementar, devemos utilizar os dados da tabela para descobrir a ordem da reação. Sabemos que:

$$V = K[H_2]^a [NO]^b$$

Utilizando as linhas 1 e 2, temos:

$$1 - 0,1 = K[0,1]^a [0,1]^b$$

$$2 - 0,2 = K[0,2]^a [0,1]^b$$

Dividindo 1 por 2, descobrimos o valor de  $a = 1$  (ordem 1).

Utilizando as linhas 1 e 3, temos:

$$1 - 0,1 = K[0,1]^a [0,1]^b$$

$$3 - 0,4 = K[0,1]^a [0,2]^b$$

Dividindo 1 por 3, descobrimos o valor de  $b = 2$  (ordem 2).

Portanto,  $V = K[H_2][NO]^2$

Conhecendo a expressão, usamos a linha 4 para determinar o  $K$ .

$$V = K[H_2][NO]^2 \quad 0,3 = K[0,3][0,1]^2 \quad K = 100 \text{ L}^2/\text{mol}^2\text{min}$$

#### 6.2.3 Quando são fornecidos valores de concentração x tempo

Neste caso, devemos realizar linearizações para determinar a ordem de reação. Matematicamente, temos:

$$V = K[A]^n = -\frac{d[A]}{dt}$$

Então:

$$\frac{d[A]}{[A]^n} = -K dt$$

Integrando de 0 a  $t$ , temos:

$$\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d[A]}{[A]^n} = -K \int_0^t dt$$

Logo:

Para  $n = 1$ :

$$\ln\left(\frac{[A]}{[A]_0}\right) = -kt \text{ então } \ln([A]) = \ln([A]_0) - kt$$

Note que caso a reação seja de primeira ordem, o logaritmo das concentrações devem variar linearmente com o tempo.

Para  $n \neq 1$ :

$$\left(\frac{1}{1-n}\right)\left(\frac{1}{[A]^{n-1}} - \frac{1}{[A]_0^{n-1}}\right) = -kt$$

Então:

$$\frac{1}{[A]^{n-1}} = \frac{1}{[A]_0^{n-1}} + (n-1)kt$$

Note que caso a reação seja de ordem  $n$  ( $n \neq 1$ ),  $\frac{1}{[A]^{n-1}}$  deve variar linearmente com o tempo.

**Exemplo:** Adicionou-se glicose a um meio de cultura de microrganismos e a sua remoção foi monitorada. Foram obtidos os resultados no quadro a seguir. Determinar a ordem da reação.

Tempo (minutos)	Concentração de glicose (mg/L)
0	180
5	155
12	95
22	68
31	42
40	26

**Solução:** Construindo-se o quadro abaixo,

$t$	$[A]$	$\ln[A]$	$1/[A]$
0	180	5,2	0,00550
5	155	5,0	0,00645
12	95	4,6	0,01050
22	68	4,2	0,01470
31	42	3,7	0,02380
40	26	3,3	0,03846

e lançando-se em gráfico  $[A] \times t$ ,  $\ln [A] \times t$  e  $1/[A] \times t$ , obtém-se que a curva  $\ln[A] \times t$  aproxima-se de uma reta, o que indica que a reação em questão é de 1ª ordem.

## 7. Catalisadores e inibidores

São substâncias químicas não consumidas durante o processo que tem por função aumentar ou diminuir a velocidade de reação, sem alterar a variação de entalpia.

### Catalisador:

Aumenta a velocidade de reação, diminuindo a energia de ativação.

### Inibidor:

Diminui a velocidade de reação, aumentando a energia de ativação.

### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (UEM-PR)** Sobre a combustão completa do propano ( $C_3H_8$ ), observou-se que 2,24 litros desse gás são consumidos em 10 minutos.

Considerando o sistema nas CNTP e que o propano, o  $O_2$  e o  $CO_2$  são gases ideais, responda:

- Qual é a velocidade de consumo de  $C_3H_8$  em mol/min?
- Qual é a velocidade de consumo de  $O_2$  em mol/min?
- Qual é a velocidade de formação de  $CO_2$  em litros/min?

**02 (PUC-RS)** Amostras de magnésio foram colocadas em soluções aquosas de ácido clorídrico de diversas concentrações e temperaturas, havendo total consumo do metal e desprendimento do hidrogênio gasoso. Observaram-se os seguintes resultados:

Amostra	Massa de Mg Consumida (g)	Tempo de reação em minutos
I	0,20	1
II	2,00	5
III	4,00	10
IV	4,00	20

Pela análise dos dados contidos na tabela acima, é correto afirmar que:

- a velocidade média da reação na amostra I é maior que na amostra II.
- a quantidade de hidrogênio desprendida na amostra II é maior do que na amostra IV.
- a velocidade média da reação na amostra III é igual à da amostra IV.
- a velocidade média de reação na amostra IV é a metade da velocidade média de reação na amostra II.
- a quantidade de hidrogênio desprendido na amostra III é menor do que na amostra IV.

**03 (UNIFICADO-RJ)** Numa experiência envolvendo o processo  $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ , a velocidade da reação foi expressa como  $= 4,0 \text{ mol/L} \cdot h$ . Considerando-se a não-ocorrência de reações secundárias, a expressão dessa mesma velocidade, em termos de concentração de  $H_2$ , será:

- $-\Delta[H_2]/\Delta t = 1,5 \text{ mol/L} \cdot h$
- $-\Delta[H_2]/\Delta t = 2,0 \text{ mol/L} \cdot h$
- $-\Delta[H_2]/\Delta t = 3,0 \text{ mol/L} \cdot h$
- $-\Delta[H_2]/\Delta t = 4,0 \text{ mol/L} \cdot h$
- $-\Delta[H_2]/\Delta t = 6,0 \text{ mol/L} \cdot h$

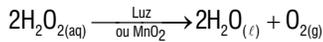
**04 (UNIRIO-RJ)** “Yves Chauvin, ganhador do prêmio Nobel de química de 2005, contribuiu intensamente para a área da catálise. (...) Entre os processos por ele estudados, estão o de produção de olefinas e a catálise homogênea, que permitiu a realização de reações bastante seletivas e a substituição de catalisadores prejudiciais ao meio ambiente.”

(Ciência Hoje, 2005.)

Os catalisadores são substâncias que:

- diminuem a velocidade da reação, ao aumentarem a energia de ativação do sistema.
- aceleram a velocidade da reação química, ao reagirem com os reagentes da reação.
- diminuem a velocidade da reação química, ao anularem a energia de ativação da reação.
- estão sempre no mesmo estado físico das substâncias participantes da reação.
- aceleram a velocidade da reação química, ao diminuir a energia de ativação do sistema.

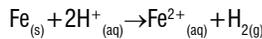
**05 (EFOA-MG)** Um procedimento muito utilizado para descolorir os cabelos é molhá-los com solução aquosa de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). O clareamento é devido a reações químicas que ocorrem entre componentes do cabelo e moléculas de oxigênio produzidas pela decomposição do peróxido de hidrogênio. A reação de decomposição pode ser acelerada por exposição ao sol ou com a adição de pequena quantidade de  $MnO_2$ , conforme representado no esquema abaixo:



Sobre a decomposição do peróxido de hidrogênio, é correto afirmar que:

- (A) essa reação tem maior energia de ativação na presença de  $MnO_2$  do que na sua ausência.
- (B) o aumento da temperatura não influencia a velocidade dessa reação.
- (C) a luz é um catalisador da reação.
- (D) se aumentarmos a concentração de  $H_2O_2$ , a velocidade de decomposição aumentará.
- (E) a decomposição com  $MnO_2$  presente produz mais oxigênio do que com a presença da luz.

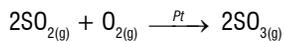
**06 (UNIFAP-AP)** A velocidade de uma reação é dependente de vários fatores. Considere a reação do ferro com ácidos, conforme representado pela equação de reação abaixo:



Baseado no exposto acima, faça o que se pede:

- a. Compare a velocidade da reação quando se utiliza 1,0 g de prego de ferro e quando se utiliza 1,0 g de palha de aço. Justifique sua resposta.
- b. Escreva a equação química balanceada que representa a reação do  $Fe_{(s)}$  com o  $HCl_{(aq)}$ .

**07 (UNIMES-SP)** Observando a reação abaixo:



Pode-se afirmar que o papel desempenhado pela platina é o de promover:

- (A) catálise homogênea. (D) homólise.
- (B) catálise heterogênea. (E) eletrólise.
- (C) heterólise.

**08 (UFPI-PI)** Qual das sugestões para aumentar a velocidade de uma reação **não** encontra suporte teórico na teoria das colisões?

- (A) Aumentar a concentração dos reagentes.
- (B) Reduzir o tamanho das partículas que devem reagir.
- (C) Dissolver os reagentes em um solvente.
- (D) Aumentar a temperatura.
- (E) Achar um catalisador apropriado.

**09 (ITA-SP)** A equação química que representa a reação de decomposição do iodeto de hidrogênio é:  $2HI_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)}$ ;  $\Delta H (25^\circ) = -51,9 \text{ kJ}$ . Em relação a essa reação, são fornecidas as seguintes informações:

- A variação da energia de ativação aparente dessa reação ocorrendo em meio homogêneo é igual a 183,9 kJ.

- A variação da energia de ativação aparente dessa reação ocorrendo na superfície de um fio de ouro é igual a 96,2 kJ.

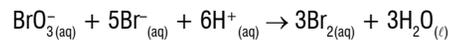
Considere, agora, as seguintes afirmações relativas à essa reação de decomposição:

- I. A velocidade da reação no meio homogêneo é igual a da mesma reação realizada no meio heterogêneo.
- II. A velocidade da reação no meio homogêneo diminui com o aumento da temperatura.
- III. A velocidade da reação no meio heterogêneo independe da concentração inicial de iodeto de hidrogênio.
- IV. A velocidade da reação na superfície do ouro independe da área superficial do ouro.
- V. A constante de velocidade da reação realizada no meio homogêneo é igual à da mesma reação realizada no meio heterogêneo.

Dessas afirmações, estão corretas:

- (A) apenas I, III e IV. (D) apenas II e V.
- (B) apenas I e IV. (E) nenhuma.
- (C) apenas II, III e V.

**10 (PUC-SP)** A reação redox que ocorre entre os íons brometo ( $Br^-$ ) e bromato ( $BrO_3^-$ ) em meio ácido, formando o bromo ( $Br_2$ ) 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.

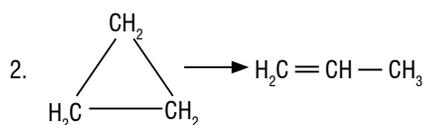
Exp.	$[BrO_3^-]_{\text{inicial}}$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$[Br^-]_{\text{inicial}}$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	$[H^+]_{\text{inicial}}$ ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )	Velocidade ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )
1	0,10	0,10	0,10	$1,2 \cdot 10^{-3}$
2	0,20	0,10	0,10	$2,4 \cdot 10^{-3}$
3	0,20	0,30	0,10	$7,2 \cdot 10^{-3}$
4	0,10	0,10	0,20	$4,8 \cdot 10^{-3}$

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

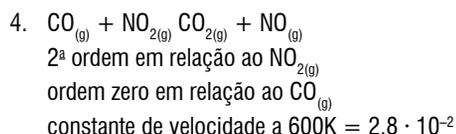
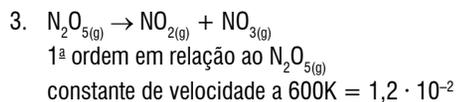
- (A)  $V = k[BrO_3^-][Br^-][H^+]$
- (B)  $V = k[BrO_3^-][Br^-]^5[H^+]^6$
- (C)  $V = k[BrO_3^-]2[Br^-]^6[H^+]^4$
- (D)  $V = k[BrO_3^-][Br^-]^3[H^+]^2$
- (E)  $V = k[BrO_3^-][Br^-][H^+]^2$

**11 (PUC-RS)** Abaixo, encontram-se equações químicas, que representam reações realizadas em idênticas condições de temperatura e pressão; suas respectivas ordens de reação em relação aos reagentes; e as constantes de velocidade, obtidas experimentalmente.

- 1.  $C_2H_5I_{(g)} \rightarrow C_2H_4_{(g)} + HI_{(g)}$   
1ª ordem em relação ao  $C_2H_5I_{(g)}$   
constante de velocidade a 600K =  $1,6 \cdot 10^{-5}$



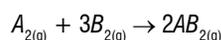
1ª ordem em relação ao  $C_3H_{6(g)}$   
constante de velocidade a 600K =  $3,3 \cdot 10^{-9}$



Pela análise dos dados acima, conclui-se que, quando a concentração molar dos reagentes é de 0,1 mol/L, a ordem crescente das velocidades das reações é:

- (A)  $V_1 < V_3 < V_4 < V_2$  (D)  
 $V_2 < V_1 < V_4 < V_3$   
 (B)  $V_1 < V_2 < V_3 < V_4$  (E)  
 $V_3 < V_1 < V_4 < V_2$   
 (C)  $V_2 < V_4 < V_1 < V_3$

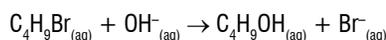
**12 (UEM-PR)** Em um recipiente fechado e sob condições adequadas, a reação:



está se processando de modo a obedecer à equação da lei de velocidade  $v = k \cdot [A_2] \cdot [B_2]^3$ . Diminuindo-se pela metade as concentrações de A e de B e permanecendo todas as demais condições constantes, observar-se que a velocidade da reação:

- (A) permanece constante. (D)  
fica 8 vezes menor.  
 (B) fica 16 vezes menor. (E)  
fica 16 vezes maior.  
 (C) duplica.

**13 (UFPE-PE)** Quando a concentração de 2-bromo-2-metilpropano,  $C_4H_9Br$  dobra, a velocidade da reação



aumenta por um fator de 2. Se as concentrações de  $C_4H_9Br$  e  $OH^-$  são dobradas, o aumento da velocidade é o mesmo: um fator de 2. Com relação a esses dados, analise as afirmativas a seguir:

- I. A lei de velocidade da reação pode ser escrita como:  $v = k [C_4H_9Br] [OH^-]$  e, portanto, a reação é de segunda ordem.
- II. A lei de velocidade da reação pode ser escrita como:  $v = k [C_4H_9Br]$  e, portanto, a reação é de primeira ordem.
- III. A lei de velocidade da reação pode ser escrita como:  $v = k [C_4H_9Br]$  e, portanto, a reação é de primeira ordem, com relação ao  $C_4H_9Br$ , e de ordem zero, com relação ao íon  $OH^-$ .
- IV. Se a concentração de íons  $OH^-$  triplicar, a velocidade da reação não se altera.
- V. A meia-vida,  $t(1/2)$ , independe da concentração inicial dos reagentes.

Estão corretas:

- (A) I, II, IV e V apenas. (D) I e V apenas.  
 (B) I, III, IV e V apenas. (E) I, II, III, IV e V.  
 (C) II, III, IV e V apenas.

**14 (UFRJ-RJ)** A oxidação do brometo de hidrogênio pode ser descrita em 3 etapas:

- I.  $HBr_{(g)} + O_2 \rightarrow HOBr_{(g)}$  (etapa lenta)
- II.  $HBr_{(g)} + HOBr_{(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$  (etapa rápida)
- III.  $HOBr_{(g)} + HBr_{(g)} \rightarrow Br_2O_{(g)} + H_2O_{(g)}$  (etapa rápida)

- a. Apresente a expressão da velocidade da reação de oxidação do brometo de hidrogênio.
- b. Utilizando a equação global da oxidação do brometo de hidrogênio, determine o número de mol de  $Br_2$  produzido quando são consumidos 3,2 g de  $O_2$ .

**15 (UNESP-SP)** Quando cozinhamos os alimentos, o aquecimento acelera os processos que degradam as membranas celulares e as biomoléculas, por exemplo, as proteínas. O efeito da temperatura na velocidade da reação química foi identificado por Svante Arrhenius no final do século XIX pela equação:

$$\ln k = \ln A - (Ea / RT)$$

Da equação acima, é correto afirmar que:

- (A) o parâmetro A é a constante de velocidade da reação.  
 (B) k é o fator pré-exponencial e depende do valor da temperatura.  
 (C) k e A são fator pré-exponencial e energia de ativação, respectivamente.  
 (D) k e Ea independem da reação que está sendo estudada.  
 (E) A e Ea são basicamente independentes da temperatura.

**16 (ITA-SP)** Considere a reação representada pela equação química  $3A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightarrow 4E_{(g)}$ . Essa reação ocorre em várias etapas, sendo que a etapa mais lenta corresponde à reação representada pela seguinte equação química:  $A_{(g)} + C_{(g)} \rightarrow D_{(g)}$ . A velocidade inicial desta última reação pode

ser expressa por:  $-\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = 5,0 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$ . Qual é a velocidade inicial da reação ( $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ) em relação à espécie E?

- (A) 3,8. (D) 20.  
 (B) 5,0. (E) 60.  
 (C) 6,7.

**17 (ITA-SP)** Qual foi a contribuição de Arrhenius para o entendimento da cinética das reações químicas?

## EXERCÍCIOS NÍVEL 2

**01 (UEG-GO)**

“Colocar o alimento no freezer retarda a ação dos microorganismos; usar conservantes diminui a velocidade da reação, ou seja, o alimento irá se conservar mais tempo.”

“Os aditivos atuam protegendo os alimentos dos microorganismos e deixando inalterados a cor, o aroma, a consistência, a umidade, etc.”

“A contextualização no ensino de cinética química”.

(Química nova na escola, n 11 mai. 2000.)

Sobre cinética química, julgue as afirmativas:

- I. Estão entre as condições para que uma reação ocorra, o contato entre os reagentes e a afinidade química.
- II. Considerando a reação elementar  $\text{H}_3\text{O}^+ + ^-\text{OH} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ , a velocidade dessa reação pode ser calculada pela expressão:  $V = k \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [^-\text{OH}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]$ .
- III. A elevação da temperatura aumenta a velocidade de reações químicas exotérmicas e endotérmicas, favorecendo mais as reações endotérmicas, pois essas reações ocorrem com absorção de calor.
- IV. Os catalisadores são substâncias que aumentam a energia de ativação e, conseqüentemente, a velocidade das reações químicas.

Assinale a alternativa **correta**:

- (A) Apenas a afirmativa I é verdadeira.
- (B) Apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.
- (C) Apenas as afirmativas II e III são verdadeiras.
- (D) Apenas a afirmativa IV é verdadeira.

**02 (ITA-SP)** Considere as seguintes afirmações relativas a reações químicas em que não haja variação de temperatura e pressão:

- I. Uma reação química realizada com a adição de um catalisador é denominada heterogênea se existir uma superfície de contato visível entre os reagentes e o catalisador.
- II. A ordem de qualquer reação química em relação à concentração do catalisador é igual a zero.
- III. A constante de equilíbrio de uma reação química realizada com a adição de um catalisador tem valor numérico maior do que a da reação não catalisada.
- IV. A lei de velocidade de uma reação química realizada com a adição de um catalisador, mantidas constantes as concentrações dos demais reagentes, é igual àquela da mesma reação não catalisada.
- V. Um dos produtos de uma reação química pode ser o catalisador desta mesma reação.

Das afirmações feitas, estão corretas:

- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| (A) Apenas I e III.    | (D) Apenas II, IV e V.  |
| (B) Apenas I e V.      | (E) Apenas III, IV e V. |
| (C) Apenas I, II e IV. |                         |

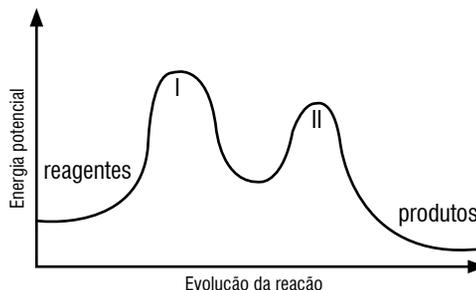
**03 (ITA-SP)** Em um béquer, a 25°C e 1 atm, foram misturadas as seguintes soluções aquosas: permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ), ácido oxálico ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) e ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Nos minutos seguintes após a homogeneização dessa mistura, nada se observou. No entanto, após a adição de um pequeno cristal de sulfato de manganês ( $\text{MnSO}_4$ ) a essa mistura, observou-se o descolorimento da mesma e a liberação de um gás. Interprete as observações feitas nesse experimento. Em sua interpretação devem constar:

- a. a justificativa para o fato de a reação só ser observada após a adição de sulfato de manganês sólido.
- b. as equações químicas balanceadas das reações envolvidas.

**04 (UNIFESP-SP)** Estudos cinéticos da reação entre os gases  $\text{NO}_2$  e  $\text{CO}$  na formação dos gases  $\text{NO}$  e  $\text{CO}_2$  revelaram que o processo ocorre em duas etapas:

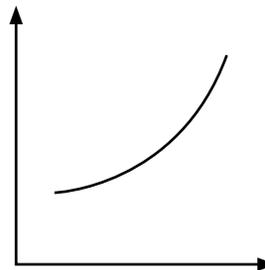
- I.  $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + \text{NO}_3(\text{g})$
- II.  $\text{NO}_3(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) + \text{CO}_3(\text{g})$

O diagrama de energia da reação está esquematizado a seguir:



- a. Apresente a equação global da reação e a equação da velocidade da reação que ocorre experimentalmente.
- b. Verifique e justifique se cada afirmação a seguir é verdadeira:
  - I. a reação em estudo absorve calor.
  - II. a adição de um catalisador, quando o equilíbrio é atingido, aumenta a quantidade de gás carbônico.

**05 (ITA-SP)** Considere as seguintes afirmações relativas ao gráfico apresentado abaixo:

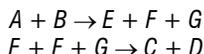


- I. Se a ordenada representar a constante de equilíbrio de uma reação química exotérmica e a abscissa, a temperatura, o gráfico pode representar um trecho da curva relativa ao efeito da temperatura sobre a constante de equilíbrio dessa reação.
- II. Se a ordenada representar a massa de um catalisador existente em um sistema reagente e a abscissa, o tempo, o gráfico pode representar um trecho relativo à variação da massa do catalisador em função do tempo de uma reação.
- III. Se a ordenada representar a concentração de um sal em solução aquosa e a abscissa, a temperatura, o gráfico pode representar um trecho da curva de solubilidade deste sal em água.
- IV. Se a ordenada representar a pressão de vapor de um equilíbrio líquido  $\rightleftharpoons$  gás e a abscissa, a temperatura, o gráfico pode representar um trecho da curva de pressão de vapor deste líquido.
- V. Se a ordenada representar a concentração de  $\text{NO}_{2(\text{g})}$  existente dentro de um cilindro provido de um pistão móvel, sem atrito, onde se estabeleceu o equilíbrio  $\text{N}_2\text{O}_{4(\text{g})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(\text{g})}$ , e a abscissa, a pressão externa exercida sobre o pistão, o gráfico pode representar um trecho da curva relativa à variação da concentração de  $\text{NO}_2$  em função da pressão externa exercida sobre o pistão, à temperatura constante.

Destas afirmações, estão corretas:

- |                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| (A) apenas I e III.     | (D) apenas II e V.   |
| (B) apenas I, IV e V.   | (E) apenas III e IV. |
| (C) apenas II, III e V. |                      |

**06 (ITA-SP)** Certa reação química exotérmica ocorre, em dada temperatura e pressão, em duas etapas representadas pela seguinte sequência de equações químicas:

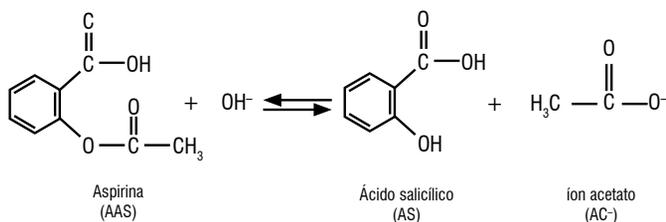


Represente, em um único gráfico, como varia a energia potencial do sistema em transformação (ordenada) com a coordenada da reação (abscissa), mostrando claramente a variação de entalpia da reação, a energia de ativação envolvida em cada uma das etapas da reação e qual destas apresenta a menor energia de ativação. Neste mesmo gráfico, mostre como a energia potencial do sistema em transformação varia com a coordenada da reação, quando um catalisador é adicionado ao sistema reagente. Considere que somente a etapa mais lenta da reação é influenciada pela presença do catalisador.

**07 (ITA-SP)** Dentre as afirmações abaixo, todas relativas à ação de catalisadores, assinale a **errada**:

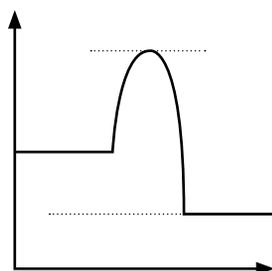
- (A) Um bom catalisador para certa polimerização também é um bom catalisador para a respectiva despolimerização.
- (B) Enzimas são catalisadores, via de regra, muito específicos.
- (C) Às vezes, as próprias paredes de um recipiente podem catalisar uma reação em uma solução contida no mesmo.
- (D) A velocidade de um reação catalisada depende da natureza do catalisador, mas não de sua concentração na fase reagente.
- (E) Fixadas as quantidades iniciais dos reagentes postos em contato, as concentrações no equilíbrio final independem da concentração do catalisador adicionado.

**08 (UFRN-RN)** O remédio mais utilizado no mundo é a aspirina ou ácido acetilsalicílico. Quando a aspirina é ingerida e atinge o local de ação no organismo, transforma-se em ácido salicílico, que exerce, dentre outras, propriedades analgésicas e antipiréticas. A reação de hidrólise é:

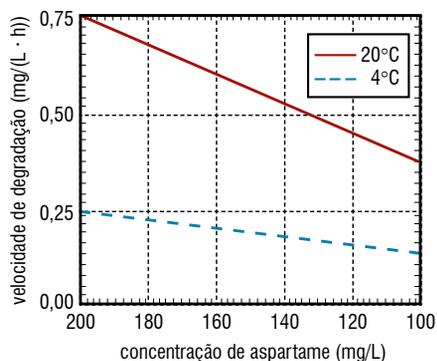


Observa-se, experimentalmente, que a lei de velocidade é dada por  $V = k [AAS][OH^-]$ .

- a. Com base nessas informações, explique se essa reação é elementar ou não.
- b. Usando a reação, indique, na figura inserida no espaço destinado à resposta, onde se localizam os reagentes, os produtos e o complexo ativado. Represente também, nessa figura, a energia de ativação e a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) da reação.



**09 (UFRJ-RJ)** O aspartame é um adoçante usado em bebidas lácteas dietéticas. A reação de degradação do aspartame nessas bebidas apresenta cinética de primeira ordem em relação a sua concentração. O gráfico a seguir relaciona a velocidade de degradação do aspartame com a concentração, nas temperaturas de 4°C e 20°C.



Dois frascos A e B têm a mesma concentração inicial de aspartame, 200 mg/L, mas o primeiro está armazenado a 20°C e o segundo a 4°C. Determine a razão entre as constantes de velocidade da reação de degradação do aspartame nos frascos A e B. Justifique a sua resposta.

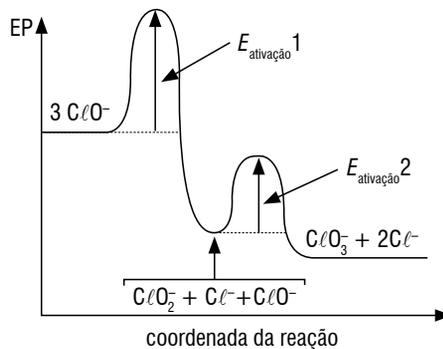
**10 (ITA-SP)** A equação:  $2A + B \rightarrow \text{produtos}$  representa determinada reação química que ocorre no estado gasoso. A lei de velocidade para essa reação depende da concentração de cada um dos reagentes, e a ordem parcial dessa reação em relação a cada um dos reagentes é igual aos respectivos coeficientes estequiométricos. Seja  $V_1$  a velocidade da reação quando a pressão parcial de A e B é igual a  $p_A$  e  $p_B$ , respectivamente, e  $V_2$  a velocidade da reação quando estas pressões parciais são triplicadas.

A opção que fornece o valor **correto** da razão  $V_2 / V_1$  é:

- (A) 1.
- (B) 3.
- (C) 9.
- (D) 27.
- (E) 81.

**11 (IME-RJ)** A reação  $3ClO^- \rightarrow ClO_3^- + 2Cl^-$  pode ser representada pelo seguinte diagrama de energia potencial (EP) pela coordenada da reação. Pede-se:

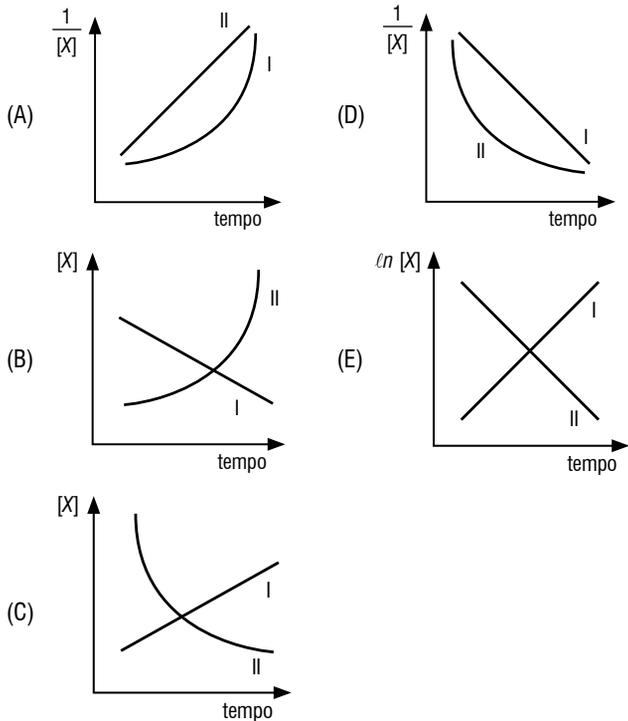
- a. propor um mecanismo para a reação, composto por reações elementares;
- b. a expressão da velocidade de reação global. Justifique a resposta.



**12 (ITA-SP)** Considere as seguintes equações que representam reações químicas genéricas e suas respectivas equações de velocidade:

- I.  $A \rightarrow \text{produtos}; v_I = k_I [A]$   
 II.  $2B \rightarrow \text{produtos}; v_{II} = k_{II} [B]^2$

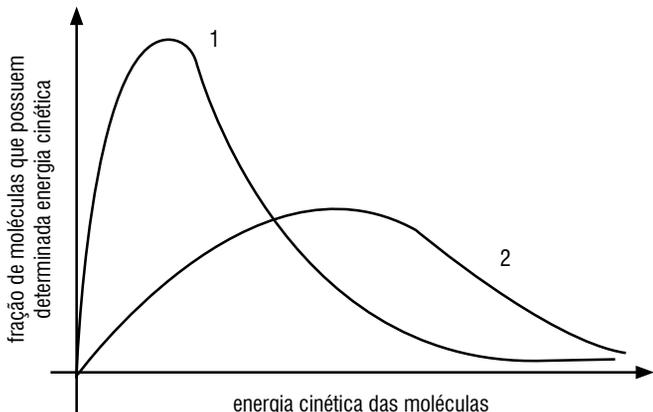
Considerando que, nos gráficos,  $[X]$  representa a concentração de A e de B para as reações I e II, respectivamente, assinale a opção que contém o gráfico que melhor representa a lei de velocidade das reações I e II.



**13 (ITA-SP)** Um recipiente aberto, mantido à temperatura ambiente, contém uma substância  $A_{(s)}$  que se transforma em  $B_{(g)}$  sem a presença de catalisador. Sabendo-se que a reação acontece segundo uma equação de velocidade de ordem zero, responda com justificativas às seguintes perguntas:

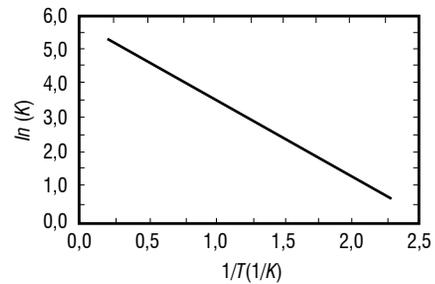
- Qual a expressão algébrica que pode ser utilizada para representar a velocidade da reação?
- Quais os fatores que influenciam na velocidade da reação?

**14 (UFG-GO)** Observe o gráfico abaixo:



- Supondo que o gráfico represente a distribuição da energia cinética das moléculas de um líquido, qual das curvas representa aquele com temperatura mais alta? Justifique sua resposta.
- Supondo que o gráfico represente a distribuição da energia cinética das moléculas de dois gases, à temperatura, qual das curvas representa o gás de maior massa molar? Justifique a sua resposta.

**15 (ITA-SP)** A equação de Arrhenius  $k = A \cdot e^{-E_a/RT}$  mostra a relação de dependência da constante de velocidade ( $k$ ) de uma reação química com a temperatura ( $T$ ), em Kelvin ( $K$ ), a constante universal dos gases ( $R$ ), o fator pré-exponencial ( $A$ ) e a energia de ativação ( $E_a$ ). A curva abaixo mostra a variação da constante de velocidade com o inverso da temperatura absoluta, para uma dada reação química que obedece à equação acima. A partir da análise deste gráfico, assinale a opção que apresenta o valor da razão  $E_a/R$  para essa reação.



- 0,42.
- 0,50.
- 2,0.
- 2,4.
- 5,5.

EXERCÍCIOS NÍVEL 3

**01 (ITA-SP)** Considere a reação representada pela equação química  $3A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightarrow 4E_{(g)}$ . Essa reação ocorre em várias etapas, sendo que a etapa mais lenta corresponde à reação representada pela seguinte equação química:  $A_{(g)} + C_{(g)} \rightarrow D_{(g)}$ . A velocidade inicial desta última reação pode ser expressa por:  $\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = 5,0 \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$ . Qual é a velocidade inicial da reação (mol · s<sup>-1</sup>) em relação à espécie E?

- 3,8.
- 5,0.
- 6,7.
- 20.
- 60.

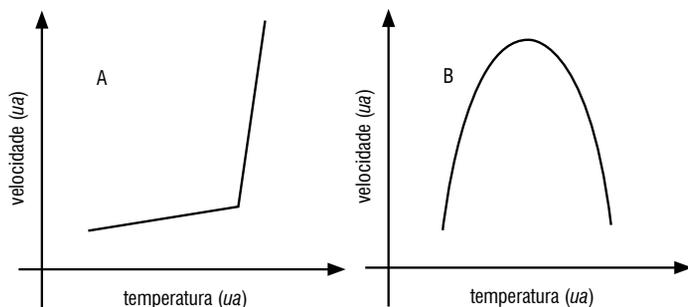
**02 (ITA-SP)** Para minimizar a possibilidade de ocorrência de superaquecimento da água durante o processo de aquecimento, na pressão ambiente, uma prática comum é adicionar pedaços de cerâmica porosa ao recipiente que contém a água a ser aquecida. Os poros da cerâmica são preenchidos com ar atmosférico, que é vagarosamente substituído por água antes e durante o aquecimento. A respeito do papel desempenhado pelos pedaços de cerâmica porosa no processo de aquecimento da água são feitas as seguintes afirmações:

- a temperatura de ebulição da água é aumentada.
- a energia de ativação para o processo de formação de bolhas de vapor de água é diminuída.
- a pressão de vapor da água não é aumentada.
- o valor da variação de entalpia de vaporização da água é diminuído.

Das afirmações acima está(ão) **errada(s)**:

- (A) apenas I e III. (D) apenas II e IV.  
 (B) apenas I, III e IV. (E) todas.  
 (C) apenas II.

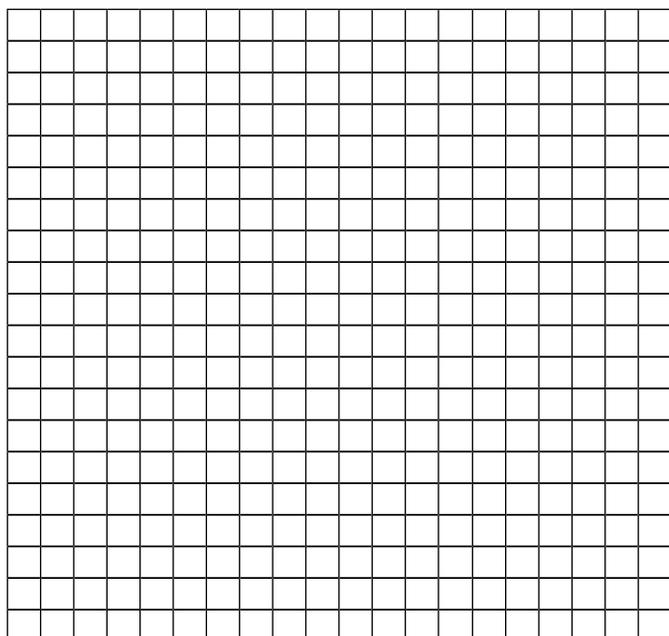
**03 (ITA-SP)** A figura a seguir apresenta esboços de curvas representativas da dependência da velocidade de reações químicas com a temperatura. Na figura A é mostrado como a velocidade de uma reação de combustão de explosivos depende da temperatura. Na figura B é mostrado como a velocidade de uma reação catalisada por enzimas depende da temperatura. Justifique, para cada uma das figuras, o efeito da temperatura sobre a velocidade das respectivas reações químicas.



**04 (FUVEST-SP)** A reação de acetato de fenila com água, na presença de catalisador, produz ácido acético e fenol. Os seguintes dados de concentração de acetato de fenila,  $[A]$ , em função do tempo de reação,  $t$ , foram obtidos na temperatura de  $5^\circ\text{C}$ :

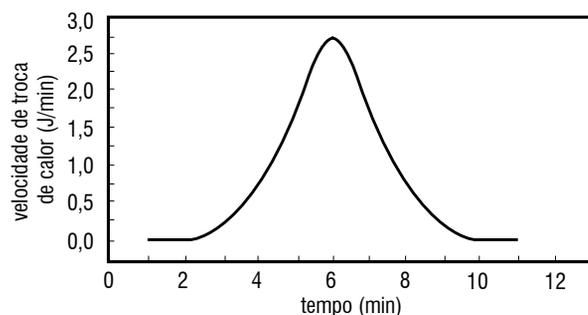
$t/\text{min}$	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
$[A]/\text{molL}^{-1}$	0,81	0,59	0,43	0,31	1,23	1,17

- a. Com esses dados, construa um gráfico da concentração de acetato de fenila (eixo  $y$ ) em função do tempo de reação (eixo  $x$ ), utilizando o quadriculado abaixo.



- b. Calcule a velocidade média de reação no intervalo de 0,25 a 0,50 min e no intervalo de 1,00 a 1,25 min.  
 c. Utilizando dados do item b, verifique se a equação de velocidade dessa reação pode ser dada por:  $v = k[A]$  onde:  
 $v$  = velocidade da reação  
 $k$  = constante, grandeza que independe de  $v$  e de  $[A]$   
 $[A]$  = concentração de acetato de fenila  
 d. Escreva a equação química que representa a hidrólise do acetato de fenila.

**05 (ITA-SP)** O gráfico abaixo mostra a variação, com o tempo, da velocidade de troca de calor durante uma reação química. Admita que 1 mol de produto tenha se formado desde o início da reação até o tempo  $t$ . Utilizando as informações contidas no gráfico, determine, de forma aproximada, o valor das quantidades abaixo, mostrando os cálculos realizados.



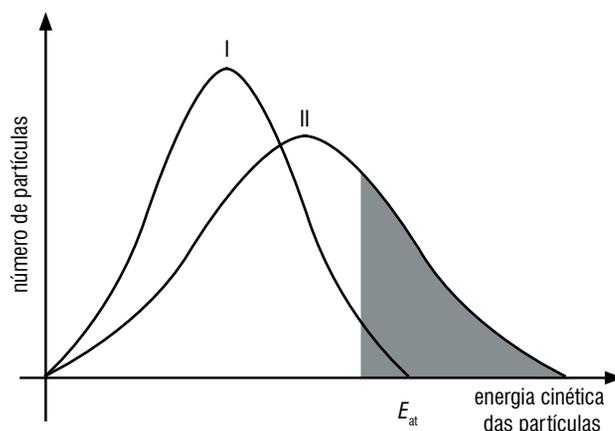
- a. Quantidade, em mols, de produto formado até  $t = 4$  min.  
 b. Quantidade de calor, em  $\text{kJ mol}^{-1}$ , liberada na reação até  $t = 11$  min.

**06 (ITA-SP)** Considere uma reação química endotérmica entre reagentes, todos no estado gasoso.

- a. Esboce graficamente como deve ser a variação da constante de velocidade em função da temperatura.  
 b. Conhecendo-se a função matemática que descreve a variação da constante de velocidade com a temperatura é possível determinar a energia de ativação da reação. Explique como e justifique.  
 c. Descreva um método que pode ser utilizado para determinar a ordem da reação.

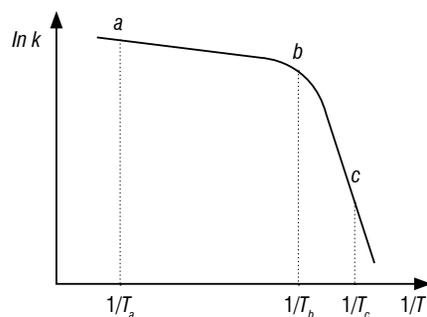
**07 (ITA-SP)** A figura ao lado representa o resultado de dois experimentos diferentes (I) e (II) realizados para uma mesma reação química genérica (reagentes  $\rightarrow$  produtos). As áreas hachuradas sob as curvas representam o número de partículas reagentes com energia cinética igual ou maior que a energia de ativação da reação ( $E_{at}$ ).

Baseado nas informações apresentadas nesta figura, é correto afirmar que:



- (A) a constante de equilíbrio da reação nas condições do experimento I é igual à da reação nas condições do experimento II.
- (B) a velocidade medida para a reação nas condições do experimento I é maior que a medida nas condições do experimento II.
- (C) a temperatura do experimento I é menor que a temperatura do experimento II.
- (D) a constante de velocidade medida nas condições do experimento I é igual à medida nas condições do experimento II.
- (E) a energia cinética média das partículas, medida nas condições do experimento I, é maior que a medida nas condições do experimento II.

**08 (ITA-SP)** A figura abaixo mostra como o valor do logaritmo da constante de velocidade ( $k$ ) da reação representada pela equação química  $A \xrightarrow{k} R$  varia com o recíproco da temperatura.



Considere que, em relação às informações mostradas na figura, sejam feitas as afirmações seguintes:

- I. O trecho  $a - b$  da curva mostra a variação de  $\ln k$  da reação direta ( $A \rightarrow R$ ) com o recíproco da temperatura, enquanto o trecho  $b - c$  mostra como varia  $\ln k$  da reação inversa ( $R \rightarrow A$ ) com o recíproco da temperatura.
- II. Para temperaturas menores que  $T_b$ , o mecanismo controlador da reação em questão é diferente daquele para temperaturas maiores que  $T_b$ .
- III. A energia de ativação da reação no trecho  $a - b$  é menor que a no trecho  $b - c$ .
- IV. A energia de ativação da reação direta ( $A \rightarrow R$ ) é menor que a da reação inversa ( $R \rightarrow A$ ).

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

- (A) apenas I e IV.
- (B) apenas I, II e IV.
- (C) apenas II.
- (D) apenas II e III.
- (E) apenas III.

RASCUNHO

## 1. Atividade radioativa (A)

A atividade radioativa é definida como o número de desintegrações que ocorreram em uma determinada amostra em um dado intervalo de tempo. Na prática, utilizamos um aparelho conhecido como contador Geiger-Muller para definir o valor da atividade radioativa.

As principais unidades de medida são:

- dps – desintegrações por segundo;
- dpm – desintegrações por minuto;
- Bq – Becquerel  $\rightarrow 1 \text{ Bq} = 1 \text{ dps}$ ;
- Ci – Curie  $\rightarrow 1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ .

Matematicamente, a atividade radioativa é proporcional à quantidade de átomos radioativos presentes na amostra:  $A = K \cdot N$

Onde:

- $K$  = constante radioativa;
- $N$  = número de átomos radioativos.

A atividade também pode ser analisada como uma taxa de decaimento nuclear:  $A = -\frac{dN}{dT}$

$$A = -\frac{dN}{dT}$$

$$\text{Então: } K \cdot N = -\frac{dN}{dT}$$

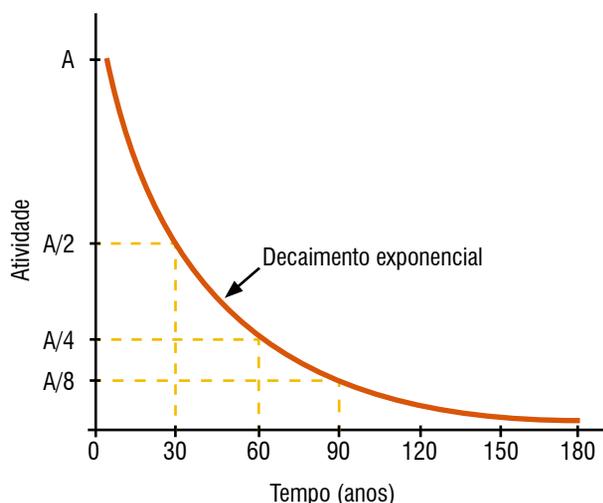
Observe que a expressão acima é a mesma de uma cinética de primeira ordem. Sendo assim, após integração:  $N = N_0 \cdot e^{-kt}$

Muitas outras medidas práticas são proporcionais ao número de átomos:

$$m = m_0 \cdot e^{-kt} \rightarrow \text{massa}$$

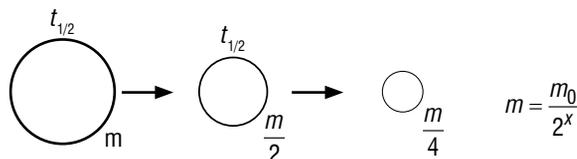
$$n = n_0 \cdot e^{-kt} \rightarrow \text{mol}$$

A curva típica de um decaimento radioativo (cinética de primeira ordem) é uma exponencial decrescente:



## 2. Meia-vida ou período de semidesintegração ( $p$ ou $t_{1/2}$ )

É definido como o tempo necessário para desintegrar metade dos átomos radioativos. Matematicamente temos:  $\frac{n_0}{2} = n_0 \cdot e^{-kt_{1/2}}$   
Então:  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$



## 3. Vida-média ( $V_m$ )

A vida-média de um isótopo radioativo é a média aritmética dos tempos de vida de todos os átomos do isótopo. Matematicamente:

$$V_m = \frac{1}{k(\text{constante radioativa})}$$

Note que a constante radioativa ( $K$ ) é o parâmetro que diferencia os elementos radioativos, uma vez que a matemática do processo é a mesma. Além disso, tanto a vida-média quanto a meia-vida são funções somente de  $K$ .

### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01** Um certo isótopo radioativo tem vida-média igual a 10 minutos. Pergunta-se:

- Qual sua constante radioativa?
- Qual sua meia-vida?
- Partindo-se de 80 g desse isótopo, qual a massa não desintegrada após 35 minutos?

**02** O cobalto-60, usado em hospitais, tem meia-vida de 5 anos. Calcule quantos mols de átomos de cobalto-60 restarão após 20 anos em uma amostra que inicialmente continha 10 g desse isótopo.

**03** Um dos produtos liberados nas explosões nucleares e nos acidentes de usinas nucleares que mais danos pode causar aos seres vivos é o isótopo do estrôncio de número de massa igual a 90. Ele é um isótopo radioativo que se acumula nos ossos, por substituição do cálcio, e é um emissor de partículas  $\beta$  com meia-vida de 28 anos.

- Se um indivíduo, ao nascer, absorver em seu organismo o estrôncio-90, com que idade terá ação radioativa desse isótopo reduzida a 1/4?
- Escreva a reação do decaimento radioativo desse isótopo, identificando o elemento que dela se origina.

**04** O período de semidesintegração de certo isótopo radioativo é de 3 h. Partindo-se de uma massa inicial de 200 g, qual será a massa desse isótopo no final de 18 h?

**05** Uma amostra de 64 g de uma substância radioativa apresenta meia-vida de 20 h. Qual será o tempo necessário para a amostra ficar reduzida a 2 g?

**06** As desintegrações radioativas podem ser consideradas como exemplos de reações de primeira ordem. O número de desintegrações por segundo, no início da contagem do tempo, é igual a  $4 \cdot 10^{10}$  dps. Decorridos 10 minutos, esse número cai para  $2 \cdot 10^{10}$  dps. Determine o tempo necessário para que o número de desintegrações por segundo caia a  $2,5 \cdot 10^9$  dps.

**07** A meia-vida do cézio-137 é 30 anos e o seu decaimento se dá por emissão da partícula  $\beta$  transformando-se em bário. Tendo-se uma amostra

de 100 g de cézio-137, após quanto tempo a relação massa de cézio / massa de bário fica igual a 1/7?

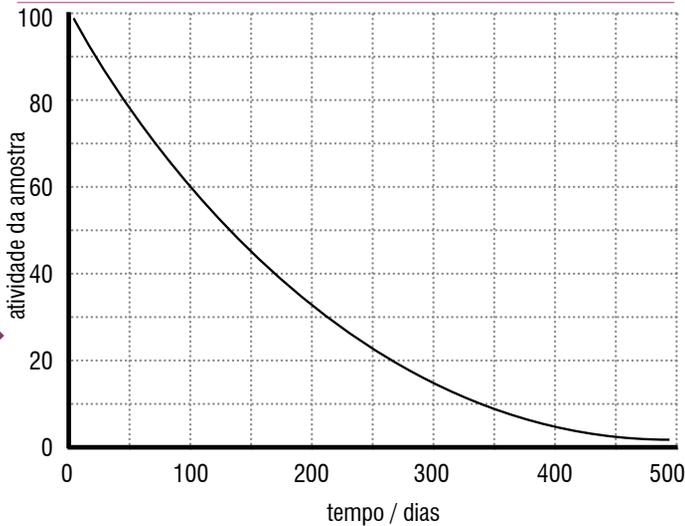
**08** A velocidade constante de desintegração  $\alpha$  do Rn-222 é  $0,18 \text{ dia}^{-1}$ . A que quantidade será reduzida a massa de  $4,5 \cdot 10^{-5}$  g desse nuclide depois de um período de 8,5 dias?

**09** Um pedaço de osso calcinado encontrado nas ruínas de uma aldeia indígena na América do Norte tinha a razão entre o  $^{14}\text{C}$  e o  $^{12}\text{C}$  igual a 0,72 vezes a mesma razão em um organismo vivo. Calcule a idade do fragmento de osso (meia-vida do carbono-14 =  $5,73 \cdot 10^3$  anos).

**10** Os chamados manuscritos do Mar Morto, manuscritos dos livros do Antigo Testamento, foram encontrados em 1947. A atividade do  $^{14}\text{C}$  no tecido de linho do livro de Isaías é cerca de 11 dpm/g. Calcule a idade aproximada do tecido. Dado: Atividade inicial do  $^{14}\text{C}$  é 14 dpm/g e  $t_{1/2} = 5,73 \cdot 10^3$  anos.

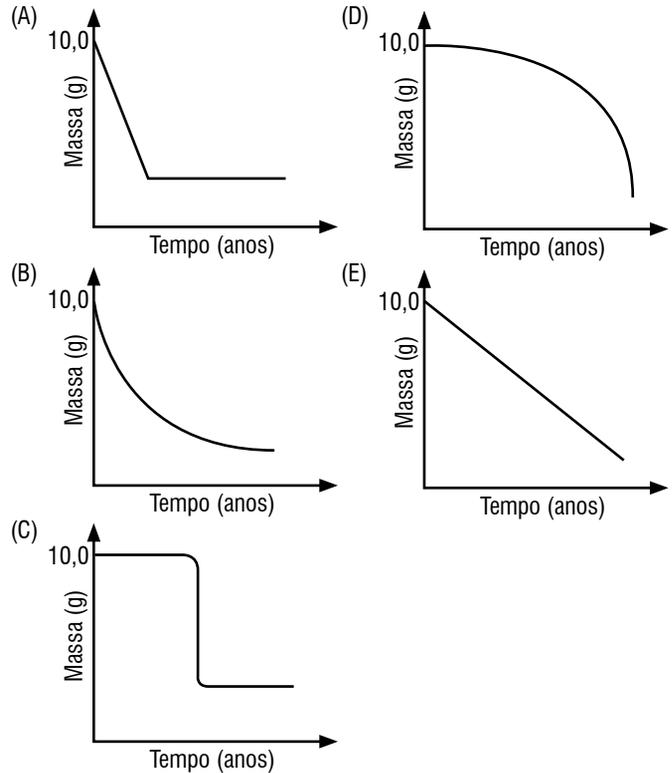
EXERCÍCIOS NÍVEL 2

**01 (UNICAMP)** A Revista nº 162 apresenta uma pesquisa desenvolvida no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) sobre a produção de fios de irídio-192 para tratar tumores. Usados em uma ramificação da radioterapia chamada braquiterapia, esses fios são implantados no interior dos tumores e a radiação emitida destrói as células cancerígenas e não os tecidos saudáveis. O  $^{192}\text{Ir}$  se transforma em  $^{192}\text{Pt}$  por um decaimento radioativo e esse decaimento em função do tempo é ilustrado na figura a seguir.



- Considerando que a radiação é gerada por uma liga que contém inicialmente 20 % de  $^{192}\text{Ir}$  e 80 % de  $^{192}\text{Pt}$ , depois de quantos dias essa liga se transformará em uma liga que contém 5 % de  $^{192}\text{Ir}$  e 95 % de  $^{192}\text{Pt}$ ? Mostre seu raciocínio.
- O decaimento radiativo pode originar três diferentes tipos de partículas:  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . Para efeito de resposta ao item, considere apenas  $\alpha$  e  $\beta$ . A partícula  $\beta$  tem uma massa igual à massa do elétron, enquanto a partícula  $\alpha$  tem uma massa igual à do núcleo do átomo de hélio. Considerando essas informações, que tipo de decaimento sofre o  $^{192}\text{Ir}$ ,  $\alpha$  ou  $\beta$ ? Justifique.

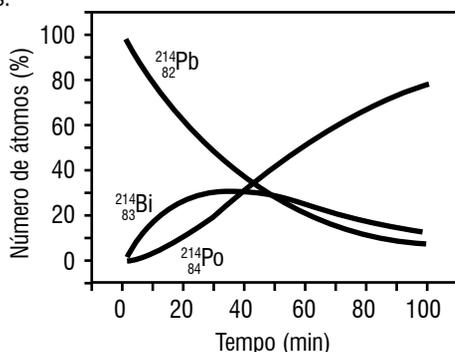
**02 (ITA)** Qual o gráfico que apresenta a curva que melhor representa o decaimento de uma amostra contendo 10,0 g de um material radioativo ao longo dos anos?



**03 (ITA)** O acidente nuclear ocorrido em Chernobyl (Ucrânia), em abril de 1986, provocou a emissão radioativa predominantemente de iodo-131 e cézio-137. Assinale a opção correta que melhor apresenta os respectivos períodos de tempo para que a radioatividade provocada por esses dois elementos radioativos decaia para 1 % dos seus respectivos valores iniciais. Considere o tempo de meia-vida do iodo-131 igual a 8,1 dias e do cézio-137 igual a 30 anos. Dados:  $\ln 100 = 4,6$ ;  $\ln 2 = 0,69$ .

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| (A) 45 dias e 189 anos. | (D) 68 dias e 274 anos. |
| (B) 54 dias e 201 anos. | (E) 74 dias e 296 anos. |
| (C) 61 dias e 235 anos. |                         |

**04 (ITA)** O  $^{214}_{82}\text{Pb}$  desintegra-se por emissão de partículas Beta, transformando-se em  $^{214}_{83}\text{Bi}$  que, por sua vez, se desintegra também por emissão de partículas Beta, transformando-se em  $^{214}_{84}\text{Po}$ . A figura a seguir mostra como varia, com o tempo, o número de átomos, em porcentagem de partículas, envolvidos nestes processos de desintegração. Admita  $\ln 2 = 0,69$ . Considere que, para estes processos, sejam feitas as seguintes afirmações:



- I. O tempo de meia-vida do chumbo é de aproximadamente 27 min;
- II. a constante de velocidade da desintegração do chumbo é de aproximadamente  $3 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ ;
- III. a velocidade de formação de polônio é igual à velocidade de desintegração do bismuto;
- IV. o tempo de meia-vida do bismuto é maior que o do chumbo;
- V. a constante de velocidade de decaimento do bismuto é de aproximadamente  $1 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ .

Das afirmações acima, estão corretas:

- (A) apenas I, II e III. (D) apenas III e IV.  
 (B) apenas I e IV. (E) apenas IV e V.  
 (C) apenas II, III e V.

Texto para as questões 05 e 06

Vivemos em uma época notável. Os avanços da ciência e da tecnologia nos possibilitam entender melhor o planeta em que vivemos. Contudo, apesar dos volumosos investimentos e do enorme esforço em pesquisa, a Terra ainda permanece misteriosa. O entendimento desse sistema multifacetado, físico-químico-biológico, que se modifica ao longo do tempo, pode ser comparado a um enorme quebra-cabeças. Para entendê-lo, é necessário conhecer suas partes e associá-las. Desde fenômenos inorgânicos até os intrincados e sutis processos biológicos, o nosso desconhecimento ainda é enorme. Há muito o que aprender. Há muito trabalho a fazer. Nesta prova, vamos fazer um pequeno ensaio na direção do entendimento do nosso planeta, a Terra, da qual depende a nossa vida.

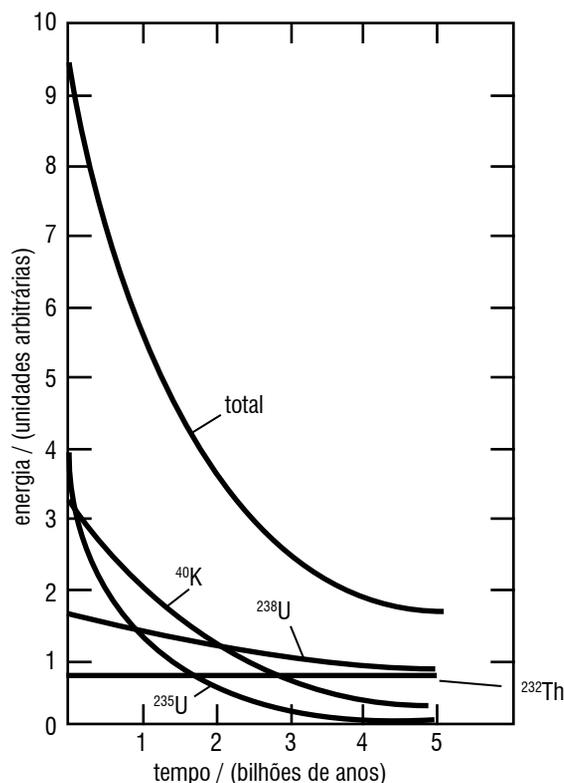
**05 (UNICAMP)** A matéria orgânica viva contém uma relação  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  constante. Com a morte do ser vivo, essa razão vai se alterando exponencialmente com o tempo, apresentando uma meia-vida de 5.600 anos.

Constatou-se que um riacho, onde ocorreu uma grande mortandade de peixes, apresentava uma quantidade anômala de substâncias orgânicas. Uma amostra da água foi retirada para análise. Estudando-se os resultados analíticos referentes à relação  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ , concluiu-se que a poluição estava sendo provocada por uma indústria petroquímica e não pela decomposição natural de animais ou plantas que tivessem morrido recentemente.

- a. Como foi possível, com a determinação da relação  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ , afirmar com segurança que o problema tinha se originado na indústria petroquímica?

- b. Descreva, em poucas palavras, duas formas pelas quais a presença dessa matéria orgânica poderia ter provocado a mortandade de peixes.

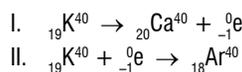
**06 (UNICAMP)** Existem várias hipóteses quanto à origem da Terra e sobre os acontecimentos que geraram as condições físico-químico-biológicas dos dias de hoje. Acredita-se que o nosso planeta tenha se formado há cerca de 4.550 milhões de anos. Um dos estágios, logo no início, deve ter sido o seu aquecimento, principalmente pela radioatividade. A figura mostra a produção de energia a partir de espécies radioativas e suas abundâncias conhecidas na Terra.



- a. Quantas vezes a produção de energia radiogênica (radioativa) era maior na época inicial de formação da Terra, em relação aos dias atuais?
- b. Quais foram os dois principais elementos responsáveis pela produção de energia radiogênica na época inicial de formação da Terra?
- c. E nos dias de hoje, quais são os dois principais elementos responsáveis pela produção dessa energia?

**07 (ITA)** O tempo de meia-vida  $\frac{t}{2}$  do decaimento radioativo do potássio

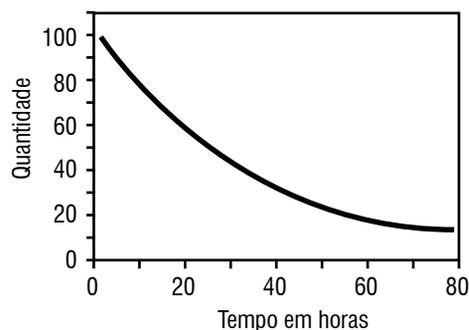
$^{40}_{19}\text{K}$  é igual a  $1,27 \cdot 10^9$  anos. Seu decaimento envolve os dois processos representados pelas equações seguintes:



O processo representado pela equação I é responsável por 89,3% do decaimento radioativo do  $^{40}_{19}\text{K}$ , enquanto que o representado pela equação II contribui com os 10,7 % restantes. Sabe-se, também, que a razão em massa de  $^{40}_{18}\text{Ar}$  e  $^{40}_{19}\text{K}$  pode ser utilizada para a datação de materiais geológicos.

Determine a idade de uma rocha, cuja razão em massa de  $^{40}_{18}\text{Ar} / ^{40}_{19}\text{K}$  é igual a 0,95. Mostre os cálculos e raciocínios utilizados.

**08 (UNICAMP)** Entre o *doping* e o desempenho do atleta, quais são os limites? Um certo “ $\beta$ -bloqueador”, usado no tratamento de asma, é uma das substâncias proibidas pelo Comitê Olímpico Internacional (COI), já que provoca um aumento de massa muscular e diminuição de gordura. A concentração dessa substância no organismo pode ser monitorada através da análise de amostras de urina coletadas ao longo do tempo de uma investigação. O gráfico mostra a quantidade do “ $\beta$ -bloqueador” contida em amostras da urina de um indivíduo, coletadas periodicamente durante 90 horas após a ingestão da substância. Este comportamento é válido também para além das 90 horas. Na escala de quantidade, o valor 100 deve ser entendido como sendo a quantidade observada num tempo inicial considerado arbitrariamente zero.



- Depois de quanto tempo a quantidade eliminada corresponderá a 1/4 do valor inicial, ou seja, duas meias-vidas de residência da substância no organismo?
- Suponha que o *doping* para esta substância seja considerado positivo para valores acima de  $1,0 \cdot 10^{-6}$  g/mL de urina (1 micrograma por mililitro) no momento da competição. Em uma amostra coletada 120 horas após a competição, foram encontrados 15 microgramas de “ $\beta$ -bloqueador” em 150 mL de urina de um atleta. Se o teste fosse realizado em amostra coletada logo após a competição, o resultado seria positivo ou negativo? Justifique.

**09 (UNICAMP)** O homem, na tentativa de melhor compreender os mistérios da vida, sempre lançou mão de seus conhecimentos científicos e/ou religiosos. A datação por carbono quatorze é um belo exemplo da preocupação do homem em atribuir idade aos objetos e datar os acontecimentos.

Em 1946 a Química forneceu as bases científicas para a datação de artefatos arqueológicos, usando o  $^{14}\text{C}$ . Esse isótopo é produzido na atmosfera pela ação da radiação cósmica sobre o nitrogênio, sendo posteriormente transformado em dióxido de carbono. Os vegetais

absorvem o dióxido de carbono e, através da cadeia alimentar, a proporção de  $^{14}\text{C}$  nos organismos vivos mantém-se constante. Quando o organismo morre, a proporção de  $^{14}\text{C}$  nele presente diminui, já que, em função do tempo, se transforma novamente em  $^{14}\text{N}$ . Sabe-se que, a cada período de 5.730 anos, a quantidade de  $^{14}\text{C}$  reduz-se à metade.

- Qual o nome do processo natural pelo qual os vegetais incorporam o carbono?
- Poderia um artefato de madeira, cujo teor determinado de  $^{14}\text{C}$  corresponde a 25 % daquele presente nos organismos vivos, ser oriundo de uma árvore cortada no período do Antigo Egito (3200 a.C. a 2300 a.C.)? Justifique.
- Se o  $^{14}\text{C}$  e o  $^{14}\text{N}$  são elementos diferentes que possuem o mesmo número de massa, aponte uma característica que os distingue.

### EXERCÍCIOS NÍVEL 3

**01** Suponha que a razão entre o chumbo-206 e o urânio-238, em uma amostra de rocha ígnea, é 0,33. Calcule a idade da rocha. Dado: meia-vida do urânio 238 =  $4,5 \cdot 10^9$  anos.

**02** O carbono-14 é um  $\beta$ -emissor cuja meia-vida é 5.600 anos ou  $1,77 \cdot 10^{11}$  se existe nos organismos vivos na proporção de 1 para  $10^{10}$  átomos de carbono-12 não radioativo. Dado:  $1 \text{ Ru} = 10^6 \text{ dps} = 10^6 \text{ Bq}$ .

- Dê a equação de desintegração do carbono-14.
- Calcule, em rutherford, a atividade de uma amostra de negro-de-fumo equivalente a 1 mol de carbono.
- Determine, em anos, o tempo necessário para que a radioatividade da amostra seja 90% do seu valor.

**03 (IME)** Suponha que se deseja estimar o volume de água de um pequeno lago. Para isso, dilui-se neste lago VS litros de uma solução de um sal, sendo que a atividade radioativa dessa solução é AS bequerel (Bq). Após decorridos D dias, tempo necessário para uma diluição homogênea da solução radioativa em todo o lago, é recolhida uma amostra de volume VA litros, com atividade AA Bq acima da atividade original da água do lago. Considerando essas informações e sabendo que a meia-vida do sal radioativo é igual a  $t_{1/2}$ , determine uma expressão para o cálculo do volume do lago nas seguintes situações:

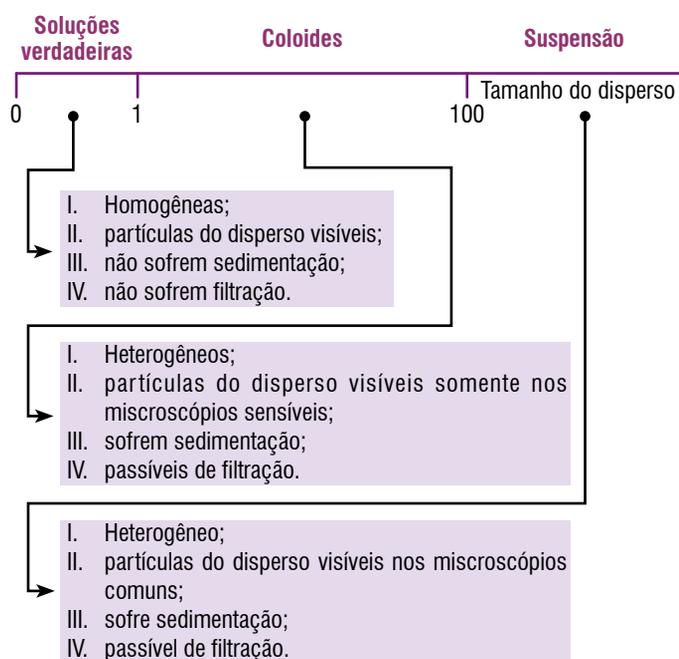
- $t_{1/2}$  e D são da mesma ordem de grandeza.
- $t_{1/2}$  é muito maior do que D.

### RASCUNHO

## 1. Dispersões

No âmbito da química é usual a junção de componentes. Quando uma substância tem a capacidade de dissolver outra, temos a formação de uma dispersão. A substância que está em maior quantidade (dissolve a outra substância) é chamada de dispersante ou dispersante, enquanto a substância que está em menor quantidade (substância dissolvida) é chamada de disperso.

### 1.1 Classificação



## 2. Soluções

Sistema homogêneo onde uma ou mais substâncias se dissolvem em outra. Quando uma substância está em maior quantidade chamamos de solvente, quando em menor quantidade chamamos de soluto.

### 2.1 Classificação

#### 2.1.1 Quanto ao estado físico:

1. Sólido
2. Líquido
3. Gasoso

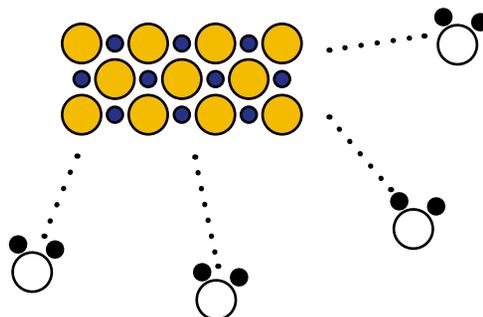
#### 2.1.2 Quanto à natureza do soluto:

1. Iônico
2. Molecular

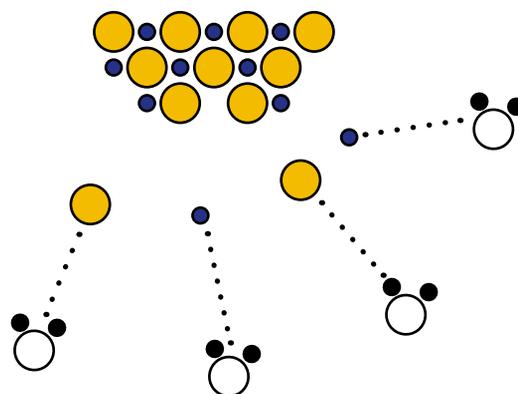
##### 2.1.2.1 Soluto iônico

As partículas do soluto são íons oriundos de substâncias iônicas ou moleculares que sofrem dissociação.

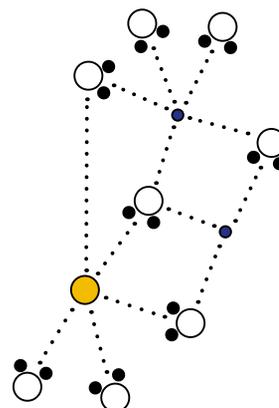
Vamos ver como exemplo o  $\text{NaCl}$ , um agregado iônico formado por atração eletrostática. Em um primeiro momento o dipolo formado pelas moléculas de água, faz com que essas sejam atraídas pelas cargas do agregado iônico.



Ocorre então o processo de dissociação, pois como a constante dielétrica da água é alta suas moléculas desmontam o agregado iônico.



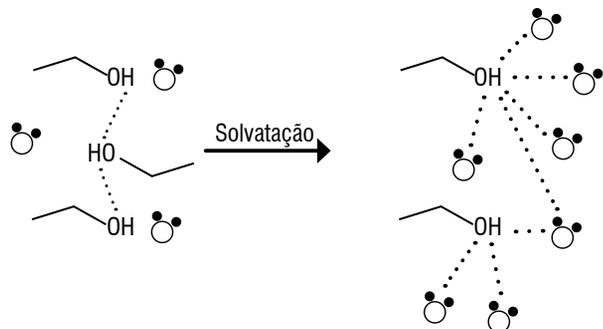
Após esse processo temos a solvatação, na qual os íons, oriundos do agregado, são envolvidos por moléculas de água.



**Obs.:** No caso das substâncias moleculares (como os ácidos) durante o processo de dissociação a alta constante dielétrica das moléculas de água rompe primeiramente as ligações intermoleculares da molécula para depois romper a ligação interatômica presente na molécula.

### 2.1.2.2 Soluto molecular

Neste caso o soluto é formado por moléculas que não sofrem dissociação sendo diretamente solvatadas pelas moléculas de água (quebra das forças intermoleculares). Usaremos como exemplo etanol em água.



### 2.1.3 Quanto à relação soluto-solvente:

1. Diluída
2. Concentrada

#### 2.1.3.1 Diluída

Quando a diferença de quantidade entre soluto e solvente é grande.

#### 2.1.3.2 Concentrada

Quando a diferença de quantidade entre soluto e solvente é pequena.

**Obs.:** Não esqueça que a quantidade de solvente é sempre maior do que a quantidade de soluto. Alguns autores trabalham com a definição de solução diluída para aquelas que apresentam concentração menor do que 1 mol/L; enquanto solução concentrada para aquelas que apresentam concentração maior do que 1 mol/L.

## 3. Coeficiente de solubilidade

Dá-se o nome coeficiente de solubilidade ( $C_s$ ) a máxima quantidade de soluto que pode ser dissolvido em uma determinada quantidade de solvente em uma dada temperatura.

**Ex.:** Coeficiente de solubilidade em água igual 35 g / 100 g para um composto  $x$  a 50°C, nos diz que a 50°C conseguimos dissolver em 100 g de água 35 g do composto  $x$ .

Normalmente a solubilidade de uma substância varia com a temperatura. O gráfico que representa a solubilidade de uma substância em função da temperatura, é denominado de curva de solubilidade.

Existem três tipos de curvas:

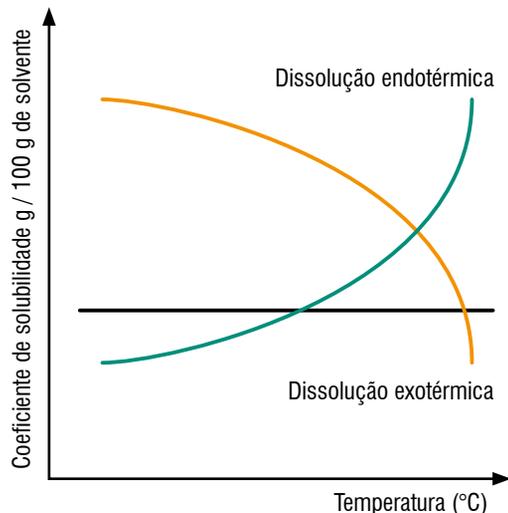
- Curvas ascendentes: representam as substâncias cujo coeficiente de solubilidade aumenta com a temperatura. São substâncias que se dissolvem com absorção de calor, isto é, a dissolução é endotérmica.
- Curvas descendentes: representam as substâncias cujo coeficiente de solubilidade diminui com o aumento de temperatura. São substâncias que se dissolvem com liberação de calor, isto é, a dissolução é exotérmica.
- Curvas constantes: não ocorre alteração no valor do coeficiente de solubilidade com a alteração de temperatura.

**Obs.1:** a solubilidade de **gases diminui** com o **aumento de temperatura**. A solubilidade de **sólidos**, geralmente, **aumenta** com o **aumento de temperatura**.

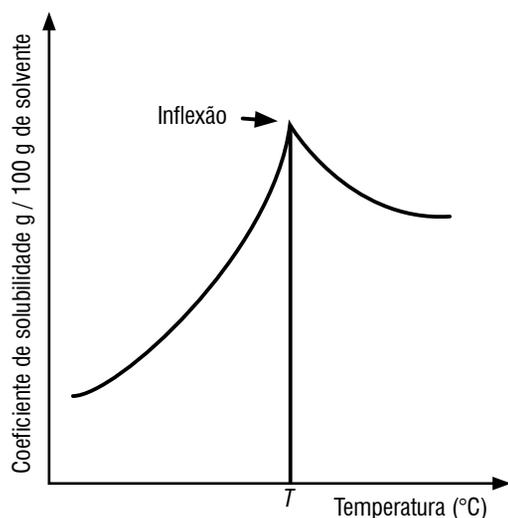
**Obs.2:** a dissolução passa por duas etapas:

- I. Quebra das ligações que mantêm unidas as partículas do soluto – processo endotérmico;
- II. solvatação (formação de ligações soluto-solvente) – processo exotérmico.

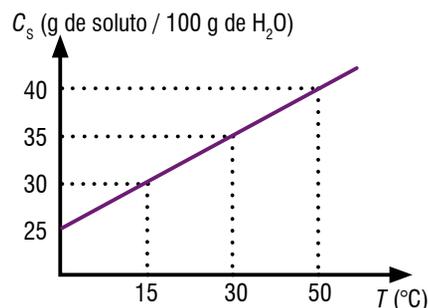
Do somatório das energias envolvidas nas duas etapas, determinamos se a dissolução é endotérmica ou exotérmica.



A utilização da curva de solubilidade nos permite analisar se um composto apresenta ou não água de hidratação, pois analisando a curva de solubilidade encontraremos uma inflexão na curva indicando a temperatura em que o composto antes hidratado (sofre desidratação) passa a ser anidro (temperatura indicada por  $T$ ).



**Ex.:**



Poderemos dissolver 60 g de soluto em 200 g de água, a 15°C, visto que pelo gráfico a solubilidade nessa temperatura é de 30 g de soluto / 100 g de água.

Se colocarmos 50 g de soluto em 100 g água, a 30°C, teremos 15 g de soluto depositado, visto que a solubilidade nessa temperatura é de 35 g de soluto em 100 g de água.

### 3.1 Classificação segundo o coeficiente de solubilidade

Quando a quantidade de soluto:

- I. é menor do que o coeficiente de solubilidade: solução insaturada;
- II. é igual ao coeficiente de solubilidade: solução saturada;
- III. é maior do que o coeficiente de solubilidade:

{ Solução saturada com corpo de fundo  
{ Solução supersaturada

Pode parecer estranho uma solução apresentar mais soluto do que o coeficiente de solubilidade, uma vez que esse define a maior quantidade de soluto que é solubilizada numa determinada temperatura, contudo temos constituições bem especiais:

#### 3.1.1 Solução saturada com corpo de fundo

Esse tipo de solução apresenta uma parte do soluto dissolvida (seguindo o coeficiente de solubilidade) e uma parte sólida (excesso ao coeficiente de solubilidade) que compõe o corpo de fundo.

#### 3.1.2 Solução supersaturada

Esse tipo de solução apresenta maior quantidade de soluto dissolvido do que o coeficiente de solubilidade, contudo apresenta uma configuração instável, e a mínima perturbação do sistema faz com que o excesso de soluto sofra cristalização. Nesse caso, a solução se torna saturada com presença de corpo de fundo.

O preparo de uma solução supersaturada pode ser feito utilizando variação de temperatura, por exemplo, uma determinada substância apresenta coeficiente de solubilidade 35 g / 100 g de água a 100°C e 15 g / 100 g de água a 20°C. Colocamos o solvente a 100°C e conseguimos dissolver 35 gramas de soluto. Vamos diminuindo a temperatura lentamente, tomando grande cuidado para não perturbar o sistema; ao atingirmos 20°C mantemos dissolvidos 35 gramas (apesar de que naturalmente só teríamos 15 gramas).



**Obs.:** Não existe relação entre as classificações: diluída / concentrada e insaturada / saturada / supersaturada, pois suas definições pertencem a campos distintos.

### 3.2 Lei de Henry

Em 1801, o químico inglês William Henry observou que a solubilidade de um gás é diretamente proporcional à sua pressão parcial. Ou seja:

$$s_i = K_H \cdot P_i$$

Em que:

$s_i$  → solubilidade do gás  $i$ ;

$K_H$  → constante de Henry (varia com o gás, o solvente e a temperatura), e;

$P_i$  → pressão parcial do gás  $i$ .

#### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (FUVEST)** A recristalização consiste em dissolver uma substância a uma dada temperatura, no menor volume de solvente possível e a seguir resfriar a solução, obtendo-se cristais da substância.

Dois amostras de ácido benzoico, de 25,0 g cada, foram recristalizadas em água segundo esse procedimento, nas condições apresentadas na figura 1:

- a. Calcule a quantidade de água necessária para a dissolução de cada amostra.
- b. Qual das amostras permitiu obter maior quantidade de cristais da substância? Explique.

Dados:

Curva de solubilidade do ácido benzoico em água (massa em gramas de ácido benzoico que se dissolve em 100 g de água, em cada temperatura), ver figura 2.

	Temperatura de dissolução (°C)	Temperatura de recristalização (°C)
Amostra 1	90	20
Amostra 2	60	30

Figura 1

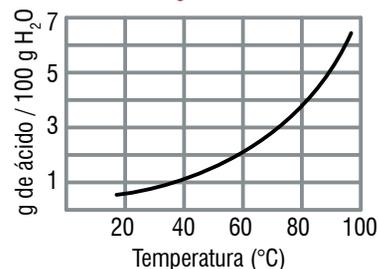
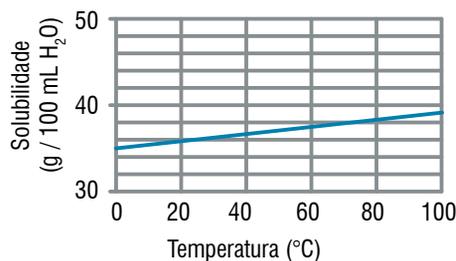
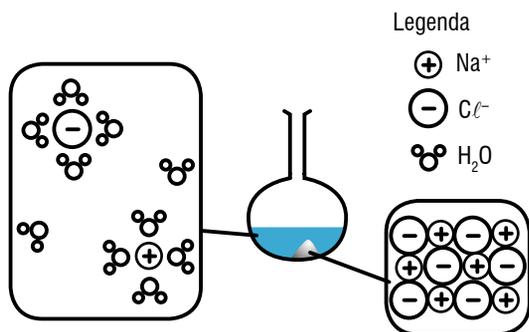


Figura 2

**02 (FUVEST)** Uma mistura constituída de 45 g de cloreto de sódio e 100 mL de água, contida em um balão e inicialmente a 20°C, foi submetida à destilação simples, sob pressão de 700 mm Hg, até que fossem recolhidos 50 mL de destilado.

O esquema a seguir representa o conteúdo do balão de destilação, antes do aquecimento:

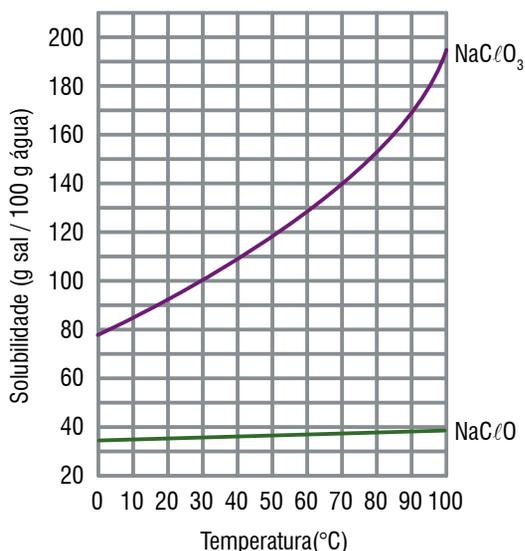
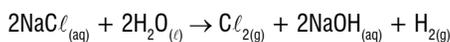


- De forma análoga à mostrada acima, represente a fase de vapor, durante a ebulição.
- Qual a massa de cloreto de sódio que está dissolvida, a 20°C, após terem sido recolhidos 50 mL de destilado? Justifique.
- A temperatura de ebulição durante a destilação era igual, maior ou menor que 97,4°C? Justifique.

Dados:

Curva de solubilidade do cloreto de sódio em água:  
 Ponto de ebulição da água pura a 700 mmHg: 97,4°C

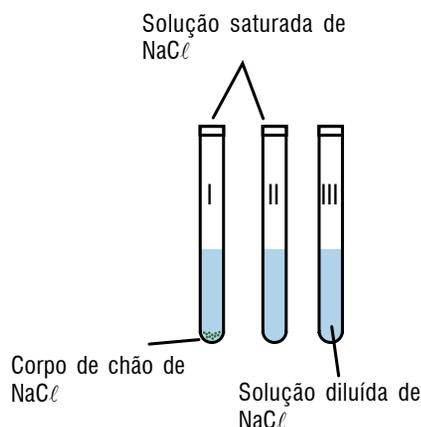
**03 (FUVEST)** Industrialmente, o clorato de sódio é produzido pela eletrólise da salmoura aquecida, em uma cuba eletrolítica, de tal maneira que o cloro formado no anodo se mistura e reaja com o hidróxido de sódio formado no catodo. A solução resultante contém cloreto de sódio e clorato de sódio.



Ao final de uma eletrólise de salmoura, retiraram-se da cuba eletrolítica, a 90°C, 310 g de solução aquosa saturada tanto de cloreto de sódio quanto de clorato de sódio. Essa amostra foi resfriada a 25°C, ocorrendo a separação de material sólido.

- Quais as massas de cloreto de sódio e de clorato de sódio presentes nos 310 g da amostra retirada a 90°C? Explique.
- No sólido formado pelo resfriamento da amostra a 25°C, qual o grau de pureza (% em massa) do composto presente em maior quantidade?
- A dissolução, em água, do clorato de sódio libera ou absorve calor? Explique.

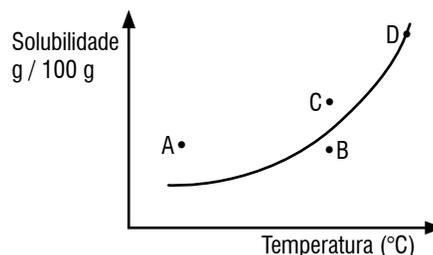
**04 (FUVEST)** Os sistemas a seguir contêm soluções aquosas de NaCl em três diferentes situações, mantidas a temperatura constante:



- Indique qual(is) sistema(s) está(ão) em equilíbrio. Justifique sua resposta.
- O que ocorrerá, em cada sistema, se for adicionada uma quantidade muito pequena de NaCl sólido?

**05 (UFPE)** A solubilidade do oxalato de cálcio a 20°C é de 33,0 g por 100 g de água. Qual a massa, em gramas, de CaC<sub>2</sub>O<sub>4</sub> depositada no fundo do recipiente quando 100 g de CaC<sub>2</sub>O<sub>4(s)</sub> são adicionados em 200 g de água a 20°C?

**06 (UFRRJ)** A curva do gráfico abaixo mostra a solubilidade de certo soluto em água. Responda às perguntas a seguir, justificando sua resposta.



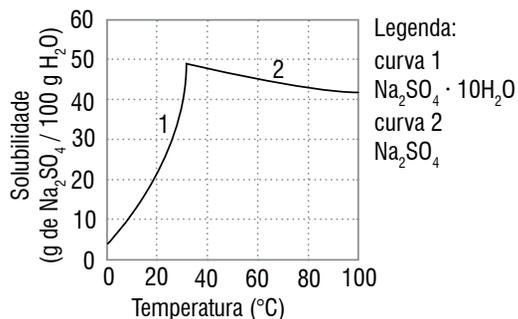
- Qual ou quais dos pontos do gráfico representam uma solução saturada homogênea?
- Indique em que pontos do gráfico existem soluções saturadas heterogêneas.
- Através do conceito de solução insaturada, aponte no gráfico o(s) ponto(s) onde esta situação ocorre.
- Que procedimentos podem ser utilizados para precipitar (cristalizar) parte do soluto da solução D, sem alterar as quantidades do solvente e do soluto da referida solução?

**07 (ITA)** Preparou-se uma solução dissolvendo-se 40 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  em 100 g de água a uma temperatura de  $60^\circ\text{C}$ . A seguir a solução foi resfriada a  $20^\circ\text{C}$ , havendo formação de um sólido branco.

- Qual o sólido que se formou?
- Qual a concentração da solução final ( $20^\circ\text{C}$ )?

Dados:

As curvas de solubilidade do  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  e do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , estão representadas no gráfico a seguir; a solubilidade está indicada, nos dois casos, em "g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  / 100 g de  $\text{H}_2\text{O}$ ".



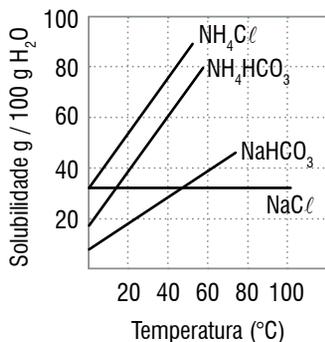
**08 (PUC-RJ)** A tabela a seguir mostra a solubilidade de vários sais, a temperatura ambiente, em g / 100 mL:

- $\text{AgNO}_3$  (nitrato de prata): 260
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (sulfato de alumínio): 160
- $\text{NaCl}$  (cloreto de sódio): 36
- $\text{KNO}_3$  (nitrato de potássio): 52
- $\text{KBr}$  (brometo de potássio): 64

Se 25 mL de uma solução saturada de um destes sais foram completamente evaporados, e o resíduo sólido pesou 13 g, o sal é:

- $\text{AgNO}_3$
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- $\text{NaCl}$
- $\text{KNO}_3$
- $\text{KBr}$

**09 (FATEC)** O processo Solvay de obtenção do  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , matéria-prima importante na fabricação do vidro, envolve os reagentes  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  e solução saturada de  $\text{NaCl}$ . Na solução final encontram-se os íons  $\text{NH}_3^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$ .



Analisando, no gráfico apresentado, as curvas de solubilidade em função da temperatura, é correto afirmar que, à temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , o sólido que deverá precipitar primeiro é o:

- $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- $\text{NaHCO}_3$
- $\text{NH}_4\text{HCO}_3$
- $\text{NaCl}$
- $\text{Na}_2\text{CO}_3$

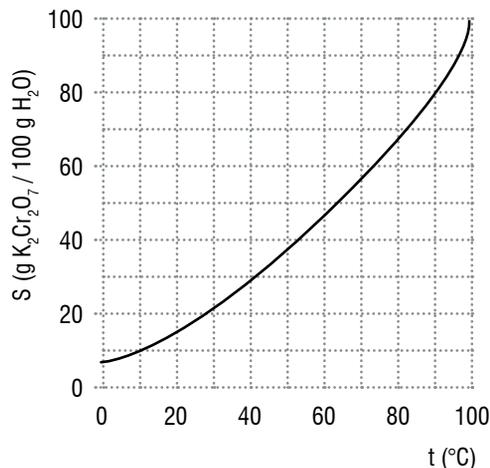
**10 (FEI)** Tem-se 500 g de uma solução aquosa de sacarose ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ), saturada a  $50^\circ\text{C}$ . Qual a massa de cristais que se separam da solução, quando ela é resfriada até  $30^\circ\text{C}$ ?

Dados:

Coefficiente de solubilidade ( $C_s$ ) da sacarose em água:  
 $C_s$  a  $30^\circ\text{C}$  = 220 g / 100 g de água  
 $C_s$  a  $50^\circ\text{C}$  = 260 g / 100 g de água

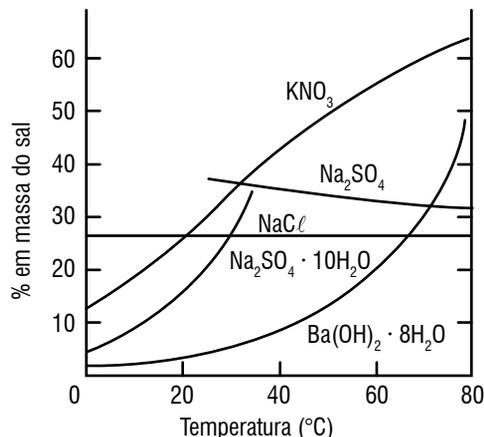
- 40,0 g.
- 28,8 g.
- 84,25 g.
- 55,5 g.
- 62,5 g.

**11 (FUVEST)** O gráfico adiante mostra a solubilidade (S) de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  sólido em água, em função da temperatura (t). Uma mistura constituída de 30 g de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  e 50 g de água, a uma temperatura inicial de  $90^\circ\text{C}$ , foi deixada esfriar lentamente e com agitação. A que temperatura aproximada deve começar a cristalizar o  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ?



- $25^\circ\text{C}$ .
- $45^\circ\text{C}$ .
- $60^\circ\text{C}$ .
- $70^\circ\text{C}$ .
- $80^\circ\text{C}$ .

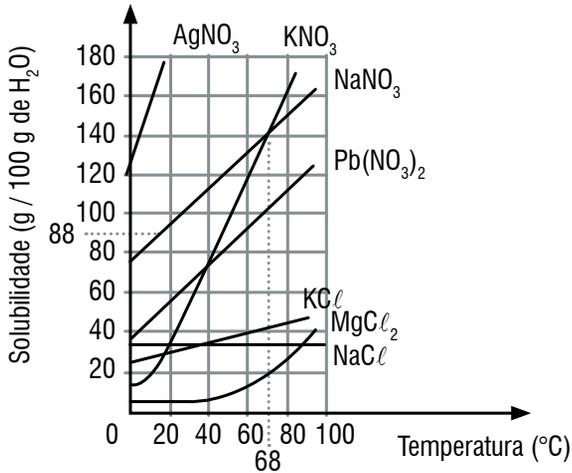
**12 (PUC-CAMP)** Abaixo são dadas as curvas de solubilidade de alguns compostos inorgânicos, em função da temperatura.



A 40°C, uma solução aquosa saturada de um sal inorgânico revelou conter cerca de 17,5 g do sal para 32,5 g de água. Com auxílio do gráfico, pode-se afirmar corretamente que esse sal poderia ser:

- (A)  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
- (B)  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- (C)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- (D)  $\text{KNO}_3$
- (E)  $\text{NaCl}$

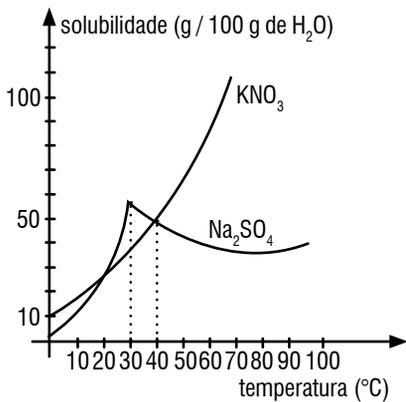
**13 (PUC-MG)** O gráfico a seguir representa as curvas de solubilidade de várias substâncias.



Com relação ao gráfico anterior, assinale a afirmativa **incorreta**:

- (A)  $\text{KNO}_3$  é mais solúvel do que o  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  em água, a qualquer temperatura.
- (B) A temperatura pouco afeta a solubilidade do  $\text{NaCl}$ .
- (C) A substância que apresenta maior aumento de solubilidade com o aumento de temperatura é o  $\text{KNO}_3$ .
- (D) À temperatura ambiente, a substância menos solúvel é o  $\text{MgCl}_2$ .
- (E) A 40°C, a solubilidade do  $\text{KCl}$  e a do  $\text{NaCl}$  são iguais.

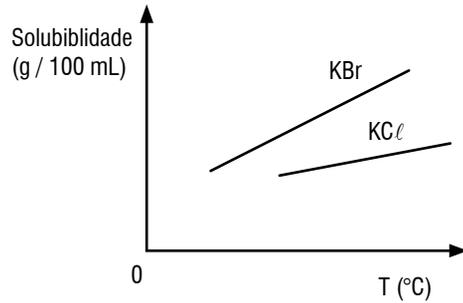
**14 (PUC-MG)** Considere o gráfico de solubilidade de substâncias a seguir.



Assinale a afirmativa **incorreta**:

- (A) No intervalo de temperatura de 30°C a 100°C, há diminuição da solubilidade do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
- (B) À temperatura de 40°C, o  $\text{KNO}_3$  apresenta a mesma solubilidade do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
- (C) À temperatura de 20°C, o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  é mais solúvel que o  $\text{KNO}_3$ .
- (D) A solubilidade do  $\text{KNO}_3$  a 0°C é igual a 10 g  $\text{KNO}_3$  / 100 g  $\text{H}_2\text{O}$ .

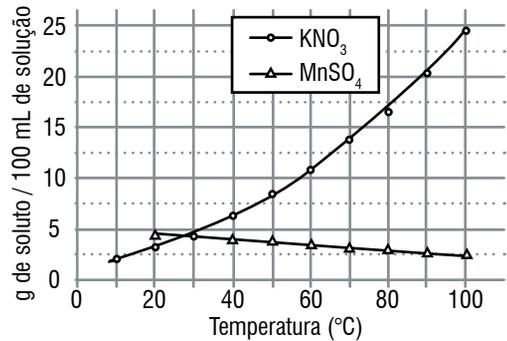
**15 (UFRRJ)**



Ao analisar o gráfico acima, percebe-se que:

- (A) a solubilidade do  $\text{KCl}$  é maior que a do  $\text{KBr}$ .
- (B) à medida que a temperatura aumenta a solubilidade diminui.
- (C) a solubilidade do  $\text{KBr}$  é maior que a do  $\text{KCl}$ .
- (D) quanto menor a temperatura, maior a solubilidade.
- (E) o  $\text{KCl}$  apresenta solubilização exotérmica.

**16 (UNESP)** O gráfico a seguir mostra as curvas de solubilidade em água, em função da temperatura, dos sais  $\text{KNO}_3$  e  $\text{MnSO}_4$ .



Com base neste gráfico, discuta se as afirmações a e b são verdadeiras ou falsas.

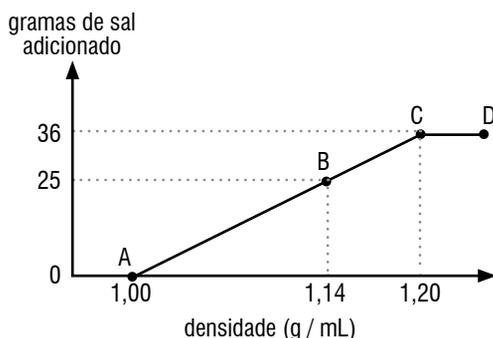
- a. O processo de dissolução dos dois sais é endotérmico.
- b. 100 mL de solução saturada a 56°C contém aproximadamente 10 g de  $\text{KNO}_3$ .

**17 (UFES)** Ao se adicionar cloreto de amônio a certa quantidade de água a 25°C, observa-se um resfriamento na solução. Com base nessa informação, pode-se afirmar:

- (A) O processo é exotérmico e a solubilidade do  $\text{NH}_4\text{Cl}$  aumenta com o aumento da temperatura.
- (B) O processo é endotérmico e a solubilidade do  $\text{NH}_4\text{Cl}$  aumenta com o aumento da temperatura.
- (C) O processo é exotérmico e a solubilidade do  $\text{NH}_4\text{Cl}$  diminui com o aumento da temperatura.
- (D) O processo é endotérmico e a solubilidade do  $\text{NH}_4\text{Cl}$  diminui com o aumento da temperatura.
- (E) O processo é endotérmico e a solubilidade do  $\text{NH}_4\text{Cl}$  independe da temperatura.

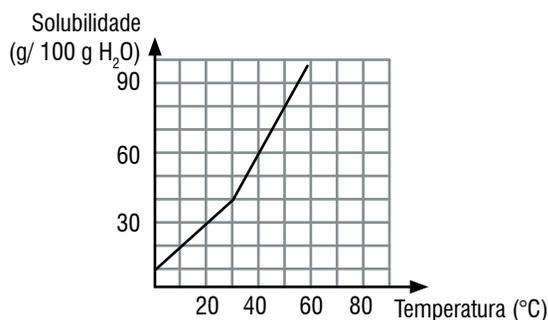
**18 (UFPE)** O sal  $\text{NaCl}$  é adicionado gradualmente a um volume fixo de 100 mL de água. Após cada adição se obtém a densidade da solução. Observando o gráfico a seguir podemos afirmar que:

EXERCÍCIOS NÍVEL 2



- ( ) O ponto D corresponde a uma solução supersaturada.
- ( ) O ponto A corresponde ao solvente puro.
- ( ) O trecho AC corresponde à região de solução saturada.
- ( ) A concentração no ponto C corresponde à solubilidade do sal.
- ( ) A concentração da solução no ponto B é igual a 20 % em massa.

**19 (CESGRANRIO – modificada)** A partir da curva de solubilidade de um sal hipotético, representada abaixo, responda:

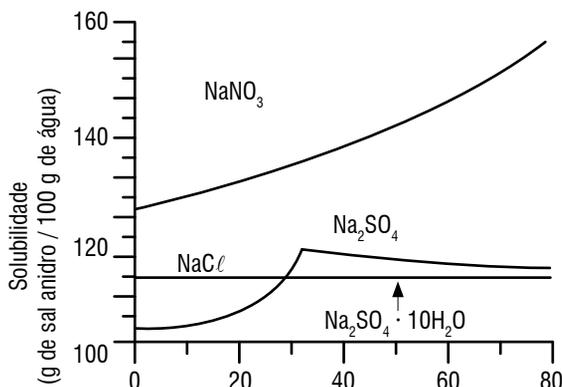


- a. Qual será a quantidade de água necessária para dissolver 30 g do sal a 35°C?
- b. A 50°C, qual será a quantidade máxima do sal que se consegue dissolver em 500 g de água?
- c. 90 g de uma solução saturada foi preparada a 50°C e resfriada, sob constante agitação até que atingisse 10°C. Qual a massa de precipitado obtida?

**20 (FUVEST – modificada)** 1.600 gramas de uma solução aquosa saturada de sacarose a 30°C são resfriados a 0°C, sob agitação. Com base nos dados de solubilidade, calcule a massa de sólido precipitado.

Temperatura (°C)	Solubilidade da sacarose (g / 100 g de H <sub>2</sub> O)
0	180
30	220

**01 (ITA)** As notações  $\Delta H_{\text{dis},i}$  e  $\Delta H_{\text{hid},i}$  serão utilizadas, respectivamente, para representar as variações de entalpia molar de dissolução e hidratação da espécie  $i$  em água.



Considerando sistemas termodinamicamente estáveis, é **errado** afirmar que:

- (A) A 25°C, a solubilidade em água do  $\text{NaNO}_3$  é maior do que a do  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .
- (B) A 25°C, uma mistura de 120 g de  $\text{NaNO}_3$  com 100 g de  $\text{H}_2\text{O}$  é bifásica, sendo uma das fases o  $\text{NaNO}_{3(s)}$  e a outra a  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ .
- (C) A 0°C, uma mistura de 20 g de  $\text{NaCl}$  com 100 g de gelo é monofásica, sendo esta fase uma solução aquosa não saturada em  $\text{NaCl}$ .
- (D) A 25°C, a concentração de íons de sódio existentes na fase líquida de uma mistura preparada pela adição de 6 g de  $\text{NaCl}$  à 100g de  $\text{H}_2\text{O}$  é 1 mol/l.
- (E) A 25°C, a quantidade (mol) de íons de sódio presentes em uma solução preparada pela dissolução de 1,0 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  em 10 g de  $\text{H}_2\text{O}$  é maior do que a existente em outra solução preparada pela dissolução de 1,0 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  na mesma quantidade de água.

As unidades de concentração são formas de expressar a quantidade de soluto e solvente presente em uma solução. As expressões de concentração, quando não dependem da massa molar do soluto, são conhecidas por expressões físicas; as que dependem são conhecidas por expressões químicas.

Dentro das fórmulas trabalharemos com índices que padronizaremos como:

Índice	Refere-se a
1	soluto
2	solvente
Ausência de índice	solução

## 1. Concentração em massa (C)

Relação entre a massa do soluto ( $m_1$ ) e o volume da solução (V).

- Expressão matemática:  $C = \frac{m_1}{V}$
- Unidade mais comum: g/L

## 2. Densidade (d)

Relação entre a massa da solução (m) e o volume da solução (V).

- Expressão matemática:  $d = \frac{m}{V}$
- Unidade mais comum: g/mL

**Obs.:** É muito importante não confundir densidade com concentração em massa, pois densidade se refere à massa da solução, e concentração comum, à massa do soluto.

## 3. Título (σ)

Relação entre a massa de soluto ( $m_1$ ) e a massa de solução (m) ou relação entre a massa de solvente ( $m_2$ ) e a massa da solução (m).

- Expressão matemática:  $\sigma_1 = \frac{m_1}{m}$  ou  $\sigma_2 = \frac{m_2}{m}$
- Unidade mais comum: adimensional

Podemos tirar algumas conclusões acerca do título:

- Primeiramente seu valor sempre estará entre 0 e 1, uma vez que a massa da solução é sempre maior ou igual à massa do soluto ou do solvente;
- além disso, se somarmos o título em relação ao soluto e o título em relação ao solvente, encontraremos o valor 1.

$$\sigma_1 + \sigma_2 = \frac{m_1}{m} + \frac{m_2}{m} = \frac{m_1 + m_2}{m} = 1$$

Sendo um valor compreendido entre 0 e 1 adimensional, o título normalmente é expresso em porcentagem.

## 3.1 Concentração em partes por milhão ou partes por bilhão

Quando trabalhamos com soluções muito diluídas, a massa do soluto é muito próxima da massa da solução, mas mesmo assim é importante se definir uma relação entre as espécies presentes.

### 3.1.1 Concentração em partes por milhão (ppm)

Indica quantas partes do soluto existem em um milhão de partes de solução (em volume ou em massa). Por exemplo, soluto em mg e solução em kg.

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ parte do soluto}}{10^6 \text{ partes da solução}}$$

### 3.1.2 Concentração em partes por bilhão (ppb)

Indica quantas partes do soluto existem em um bilhão de partes de solução (em volume ou massa). Por exemplo, soluto em mg e solução em toneladas.

$$1 \text{ ppb} = \frac{1 \text{ parte do soluto}}{10^9 \text{ partes da solução}}$$

## 4. Concentração molar ou molaridade (M)

Relação entre o número de mols do soluto ( $n_1$ ) e o volume da solução (V).

- Expressão matemática:  $M = \frac{n_1}{V}$
- Unidade mais comum: mol/L

Quando temos a formação de íons, a molaridade dos íons será dada por  $M_{\text{ion}} = M_{\text{substância}} \cdot \alpha$  em que  $\alpha$  é o grau de dissociação do composto.

**Obs.:** Alguns exercícios mais antigos podem apresentar a unidade molar que na verdade indica mol/L.

## 5. Fração molar (X)

Relação entre o número de mols de soluto ( $n_1$ ) e o número de mols da solução (n) ou relação entre o número de mols de solvente ( $n_2$ ) e o número de mols da solução (n).

- Expressão matemática:  $X_1 = \frac{n_1}{n}$  ou  $X_2 = \frac{n_2}{n}$
- Unidade mais comum: adimensional

Podemos tirar algumas conclusões acerca da fração molar:

- Primeiramente seu valor sempre estará entre 0 e 1, uma vez que o número de mols da solução é sempre maior ou igual ao número de mols do soluto ou do solvente;
- Além disso, se somarmos a fração molar em relação ao soluto e a fração molar em relação ao solvente, encontraremos o valor 1.

$$X_1 + X_2 = \frac{n_1}{n} + \frac{n_2}{n} = \frac{n_1 + n_2}{n} = 1$$

Sendo um valor compreendido entre 0 e 1 adimensional, a fração molar normalmente é expressa em porcentagem.

## 6. Molalidade ( $w$ )

Indica o número de mols de soluto presente em 1 kg de solvente.

- Expressão matemática:  $W = \frac{n_1}{m_2 \text{ (kg)}}$
- Unidade mais comum: mol/kg

Atentar para o fato dessa unidade de concentração relacionar soluto (em mols) e solvente (em massa).

Podemos melhorar essa expressão a fim de trabalharmos com todas as grandezas relacionadas a massa e em gramas:

Sabemos que:  $n_1 = \frac{m_1}{M_1}$  e que a transformação de kg para g é de 1 g =  $10^{-3}$  kg. Substituindo essas informações na expressão anterior, temos:

$$W = \frac{1000 \cdot m_1}{M_1 m_2} \text{ (Utilizando todas as unidades em grama)}$$

**Obs.:** Alguns exercícios mais antigos podem apresentar a unidade molal que indica mol/kg.

## 7. Normalidade

A normalidade é uma unidade de concentração, não mais utilizada pela IUPAC, pois foi substituída pela molaridade. Apresenta como vantagem o fato da relação entre os equivalentes ser sempre de 1 para 1 numa reação e como desvantagem a dificuldade de cálculo do equivalente (pois cada substância apresenta um cálculo de equivalente específico).

### 7.1 Equivalente-grama ( $E_{q-gr}$ )

O equivalente-grama é a massa, em gramas, de determinado elemento que movimentar 1 mol de elétrons ao formar uma substância simples ou ainda a massa, em gramas, de substância que, ao sofrer ionização, dissociação, oxidação ou redução, movimentar 1 mol de elétrons.

### 7.2 Cálculo do equivalente-grama

#### 7.2.1 Substâncias simples

O  $E_{q-gr}$  será encontrado dividindo-se a massa molar da substância pela valência (NOX) do átomo de origem.

- Expressão matemática:  $E_{q-gr} = \frac{M}{k}$

em que:

- $k$  = valência do átomo.

#### 7.2.2 Substância composta – ácido

O  $E_{q-gr}$  dos ácidos será dado pela divisão da massa molar do composto pelo número de hidrogênios ionizáveis presentes.

- Expressão matemática:  $E_{q-gr} = \frac{M}{k}$

em que:

- $k$  = número de hidrogênios ionizáveis.

#### 7.2.3 Substância composta – base

O  $E_{q-gr}$  dos ácidos será dado pela divisão da massa molar do composto pelo número de hidroxilas existentes no composto.

Expressão matemática:  $E_{q-gr} = \frac{M}{k}$

em que:

- $k$  = número de hidroxilas.

#### 7.2.4 Substância composta – sal

O  $E_{q-gr}$  dos sais será dado pela divisão da massa molar do composto pela carga total (módulo do produto NOX do íon vezes o número de íons presentes) de cátion ou ânion existentes no composto.

- Expressão matemática:  $E_{q-gr} = \frac{M}{k}$

em que:

- $k$  = carga total do sal.

#### 7.2.5 Substância composta – oxidantes

O  $E_{q-gr}$  da substância oxidante é calculado pela razão entre a massa molar do composto e a variação de NOX do elemento que sofreu redução multiplicada pelo número de átomos do elemento presente na substância oxidante.

- Expressão matemática:  $E_{q-gr} = \frac{M}{\Delta \cdot x}$

em que:

- $\Delta$  = a variação de NOX;
- $x$  = o número de átomos presentes no composto.

#### 7.2.6 Substância composta – redutores

O  $E_{q-gr}$  da substância redutora é calculado pela razão entre a massa molar do composto e a variação de NOX do elemento que sofreu oxidação multiplicada pelo número de átomos do elemento presente na substância redutora.

- Expressão matemática:  $E_{q-gr} = \frac{M}{\Delta \cdot x}$

em que:

- $\Delta$  = a variação de NOX;
- $x$  = o número de átomos presentes no composto.

### 7.3 Número de equivalentes-grama ( $e$ )

Relação entre uma quantidade de massa qualquer de determinada substância e a massa do equivalente-grama.

- Expressão matemática:  $e = \frac{m}{m_{eq-g}}$
- Unidade mais comum: equivalentes-grama

### 7.4 Normalidade ( $N$ )

Relação entre o número de equivalentes-grama do soluto ( $e$ ) e o volume da solução.

- Expressão matemática:  $N = \frac{e_1}{V}$
- Unidade mais comum: eq-g/L

**Obs.:** Alguns exercícios mais antigos podem apresentar a unidade normal que indica eq-g/L.

## 8. Principais relações entre as unidades de concentração

### 8.1 Relação entre densidade, concentração comum e título

$$\sigma_1 = \frac{m_1}{m} \rightarrow m_1 = \sigma_1 \cdot m \quad (1)$$

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow V = \frac{m}{d} \quad (2)$$

Substituindo essas expressões na concentração comum:

$$C = \frac{m_1}{V} = \frac{\sigma_1 \cdot m \cdot d}{m} = \sigma_1 \cdot d$$

Podemos ainda facilitar essa expressão. Caso a concentração comum seja expressa em g/L e a densidade em g/mL, podemos usar a expressão corrigida:  $C = 1000 \cdot \sigma_1 \cdot d$

### 8.2 Relação entre concentração em massa e molaridade

A expressão da molaridade é dada por:

$$M = \frac{n_1}{V} = \frac{m_1}{M_1 V}$$

Substituindo nesta expressão a concentração comum, temos:

$$M = \frac{m_1}{M_1 V} = \frac{C}{M_1} \rightarrow C = M M_1$$

### 8.3 Relação entre normalidade e concentração molar.

Através de transformações matemáticas, chegamos à seguinte relação:

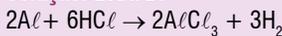
$$N = k \cdot M$$

#### EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** 2,7 g de alumínio são dissolvidos em 500 mL de uma solução aquosa 1,00 molar em ácido clorídrico. Todo o hidrogênio produzido é recolhido. Após a secagem, o volume de hidrogênio à pressão de 1 atm e 25° C é:

- (A) 1,2 litro. (D) 3,6 litros.  
 (B) 1,6 litro. (E) 12 litros.  
 (C) 2,4 litros.

**Solução:** Letra D.



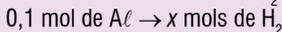
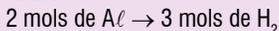
Determinação do reagente em excesso:

$$Al = \frac{2,7}{27} = 0,1 \text{ mol}$$

$$HCl - n = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ mol}$$

Reagente em excesso: HCl

Assim:



$$x = 0,15 \text{ mol}$$

Passando para volume:

$$PV = nRT$$

$$1 \cdot V = 0,15 \cdot 0,082 \cdot 298$$

$$V = 3,66 \text{ L}$$

**02** Uma solução 6,5 M de etanol em água tem massa específica 0,95 g/cm<sup>3</sup>. Calcule a molalidade e a fração molar de etanol dessa solução.

**Solução:**

Sendo o etanol C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, sua massa molar será: 46 g/mol. Em 1 L de solução, temos:  $n_1 = 1 \cdot 6,5 = 6,5$  mols de etanol  $m_1 = 6,5 \cdot 46 = 299$  g

No mesmo 1 L, temos:  $m = 0,95 \cdot 1000 = 950$  g. Como  $m_1 = 299$  g;  $m_2 = 950 - 299 = 651$  g. Portanto, a molalidade será:

$$W = \frac{1000 \cdot 299}{46 \cdot 651} = 9,99 \text{ mol/kg}$$

Fração molar:

$$\text{Mols de água em 1 L de solução: } \frac{651}{18} = 36,17 \text{ mols}$$

$$X_1 = \frac{6,5}{6,5 + 36,17} = 0,15$$

#### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

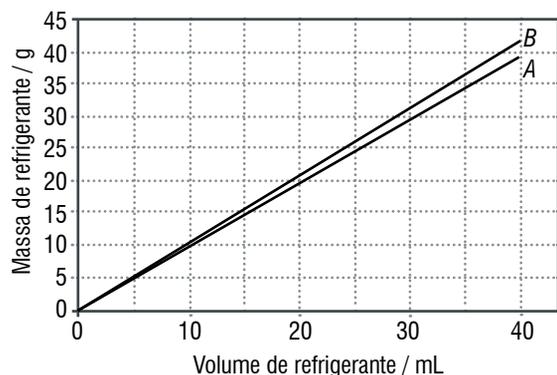
**01 (Unicamp)** A Química está presente em toda atividade humana, mesmo quando não damos a devida atenção a isso. Esta história narra um episódio no qual está envolvido um casal de policiais técnicos, nossos heróis, famosos pela sagacidade, o casal Mitta: Dina Mitta, mais conhecida como “Estrondosa” e Omar Mitta, vulgo “Rango”. A narrativa que se segue é ficção. Qualquer semelhança com a realidade é pura coincidência.

“Enquanto estudavam a ficha cadastral do vigia, Estrondosa e Rango resolveram tomar um refrigerante.

Numa tina com água e gelo havia garrafinhas plásticas de um mesmo refrigerante *diet* e comum. O refrigerante comum contém sacarose. O *diet* é adoçado com substâncias que podem ser até 500 vezes mais doces do que a sacarose. Sem se preocupar com os rótulos, que haviam se soltado, Rango pegou duas garrafas que estavam bem à tona, desprezando as que estavam mais afundadas na água.”

Considere que um refrigerante é constituído, essencialmente, de água e de um adoçante, que pode ser sacarose ou outra substância, já que,

para um mesmo refrigerante, todos os outros constituintes são mantidos constantes. A figura mostra os dados relativos à massa de refrigerante em função do seu volume. Sabe-se, também, que em 100 mL de refrigerante comum há 13 g de sacarose.



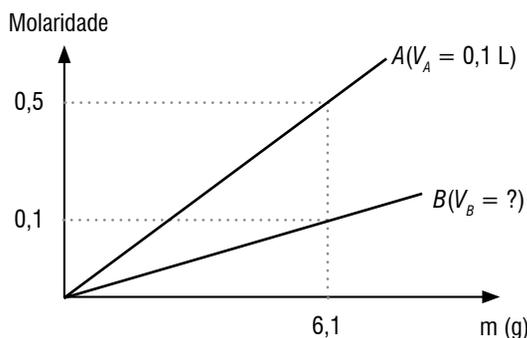
- a. Qual das curvas, *A* ou *B*, corresponde ao tipo de refrigerante escolhido por Rango? Justifique.  
 b. Calcule a porcentagem em massa de sacarose no refrigerante comum. Explícite como obteve o resultado.

**02 (UFMG)** Um bom uísque possui, em média, um teor alcoólico de 40% volume por volume. Sabe-se, ainda, que o limite de álcool permitido legalmente no sangue de um motorista, em muitos países, é de 0,0010 g/mL.

- a. Calcule, em gramas, a massa total de álcool que deve estar presente no sangue de uma pessoa para produzir uma concentração de 0,0010 g/mL. Sabe-se que o volume médio de sangue em um ser humano é 7,0 L.  
 b. Calcule o volume de álcool, em mL, que corresponde à massa calculada no item 1. A densidade do álcool é 0,80 g/mL.  
 c. Calcule o volume, em mL, de uísque necessário para provocar o teor alcoólico de 0,0010 g/mL. Sabe-se que cerca de 13% do álcool ingerido vai para a corrente sanguínea.

**03 (UFBA)** Uma solução de sulfato de alumínio, de densidade igual a 1,36 g/mL, é utilizado para preparar 200 mL de solução 1,0 M de sulfato de alumínio. Determine, em mL, o volume utilizado da solução original, expressando o resultado com dois algarismos significativos.

**04 (UFRJ)** A nicotinamida é uma vitamina constituinte do complexo B. Ela pode ser encontrada principalmente em carnes, germen de trigo e fermento biológico. A falta da nicotinamida pode causar doenças de pele, perturbações digestivas, nervosas e mentais. O gráfico a seguir mostra duas retas *A* e *B* que representam soluções com diferentes massas de nicotinamida. A reta *A* representa soluções com volume constante  $V_A = 0,1$  L e a reta *B* representa soluções com volume constante desconhecido  $V_B$ .



- a. Sabendo que a fórmula molecular da nicotinamida é  $C_xH_6N_2O$ , determine o valor de *x*.  
 b. Calcule o volume  $V_B$  das soluções que são representadas pela reta *B*.

**05 (UERJ)** Há 2,5 bilhões de anos, a composição dos mares primitivos era bem diferente da que conhecemos hoje. Suas águas eram ácidas, ricas em sais minerais e quase não havia oxigênio dissolvido. Neste ambiente, surgiram os primeiros micro-organismos fotossintéticos. Com a proliferação destes microorganismos, houve um significativo aumento da quantidade de oxigênio disponível, que rapidamente se combinou com os íons  $Fe^{+3}$  dissolvidos, gerando os óxidos insolúveis que vieram a formar o que hoje são as principais jazidas de minério de ferro no mundo. Calcula-se que, naquela época, cada 1.000 litros de água do mar continham 4,48 quilogramas de íons  $Fe^{+3}$  dissolvidos. Quando a concentração de sais de ferro diminuiu nos mares, o oxigênio enriqueceu o mar e a atmosfera; a partir desse momento, novos animais, maiores e mais ativos, puderam aparecer.

- a. Calcule a molaridade de íons  $Fe^{+3}$  na água do mar primitivo.  
 b. Calcule o volume de oxigênio, em litros, nas CNTP, necessário para reagir com os íons  $Fe^{+3}$  contidos em 1.000 litros de água do mar primitivo.

**06 (UFRJ)** No cultivo hidropônico de hortaliças, as plantas não são cultivadas diretamente no solo. Uma solução que contém os nutrientes necessários circula entre suas raízes. A tabela a seguir apresenta a composição recomendada de alguns nutrientes para o cultivo hidropônico de alface.

Nutriente mg/L		
K	Mg	S
312	48	?

Foram utilizados sulfato de potássio e sulfato de magnésio para preparar uma solução nutriente de acordo com as concentrações apresentadas na tabela. Determine a concentração de enxofre em mg/L nesta solução.

**07 (UFRJ)** Foram misturados 50 mL de solução aquosa 0,4 molar de ácido clorídrico, com 50 mL de solução de hidróxido de cálcio, de mesma concentração.

- a. Ao final da reação, o meio ficará ácido ou básico? Justifique sua resposta com cálculos.  
 b. Calcule a concentração molar do reagente remanescente na mistura.

**08 (Unicamp)** A cana-de-açúcar, o engenho, o açúcar e a aguardente estão profundamente vinculados à história do Brasil. A produção de açúcar era feita, originariamente, pela evaporação da água contida na garapa, submetendo-a a aquecimento. A solubilidade do açúcar em água é de 660 g/litro de solução a 20° C. A garapa contém, aproximadamente, 165 g de açúcar por litro e sua densidade é 1,08 g/cm<sup>3</sup>. Considere a garapa como sendo solução de açúcar em água.

- a. Qual é a porcentagem, em massa, de açúcar na garapa?  
 b. A que fração deve ser reduzida um volume de garapa a fim de que, ao ser esfriado a 20° C, haja condições para a formação dos primeiros cristais de açúcar?

**09 (UNB)** A obtenção industrial do ácido nítrico por oxidação é feita em várias etapas. Nas etapas iniciais, ocorrem os seguintes processos:

- I. a amônia é vaporizada e superaquecida a cerca de 120° C;
- II. vapor quente é misturado com ar filtrado, comprimido e aquecido, obtendo-se um produto com 10,5% de  $NH_3$  (em volume);
- III. a mistura de gás é preaquecida a cerca de 230° C e passa através de um sanduíche de malhas de fios – o catalisador –, onde a amônia é oxidada;
- IV. a mistura gasosa flui, então, para um condensador, onde a água obtida na etapa anterior é condensada, produzindo uma solução ácida diluída (de 20 a 23%).

Acerca desses processos, julgue os itens adiante como verdadeiro (V) ou falso (F):

- ( ) A amônia, que a indústria utiliza para iniciar o processo I, não se apresenta no estado líquido.  
 ( ) A concentração em volume de  $NH_3$ , no final do processo II, indica que solução tem 10,5% de solvente.  
 ( ) No processo III, há um aumento de energia cinética das moléculas de amônia e de oxigênio, aumentando a probabilidade de colisões efetivas entre elas.  
 ( ) Quando se adiciona água à solução ácida obtida em IV, a quantidade de matéria total de moléculas de ácido nítrico diminui.

**10 (FAAP)** A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece, dentre os seus diversos índices-padrão, em  $5,63 \cdot 10^{-3}$  equivalentes-gramas por litro de cloreto e em  $10^{-2}$  equivalentes-gramas por litro de cálcio, o limite máximo permitido para que uma água seja considerada potável. Se analisarmos, no laboratório, uma amostra d'água e esta apresentar 0,355 grama de cloreto por litro e 0,1 grama de cálcio por litro, podemos afirmar que a água analisada:

- (A) é potável e satisfaz os dois índices da OMS.
- (B) não é potável, embora satisfaça o índice de cloreto da OMS.
- (C) não é potável, embora satisfaça o índice de cálcio da OMS.
- (D) não é potável, pois não satisfaz a nenhum dos índices da OMS.
- (E) é potável, embora não satisfaça nenhum dos índices da OMS.

**11 (Cesgranrio)** Assinale a alternativa que indica a molaridade de uma solução de  $H_2SO_4$  0,5 N:

- (A) 0,25 M.
- (B) 0,5 M.
- (C) 1 M.
- (D) 2 M.
- (E) 3 M.

**12 (FATEC)** As indústrias fotográficas preparam massas gelatinosas às quais adicionam um ou mais compostos de prata e, com elas, recobrem películas de plástico transparente ou folhas de papel, obtendo, assim, os filmes ou papéis fotográficos. Suponha que, trabalhando a  $50^\circ C$ , uma indústria tenha realizado a reação entre  $AgNO_3$  e  $NaCl$  com rendimento de 100%, obtendo 100 kg de cloreto de prata como corpo de fundo em 20000 L de solução.

Dados: solubilidade do  $AgCl$  a  $50^\circ C$  é aproximadamente  $5 \cdot 10^{-3}$  g/L.

A indústria despreza a solução sobrenadante, jogando-a fora. A massa total de  $AgCl$ , em kg, produzida na reação química é:

- (A) 90,00.
- (B) 99,99.
- (C) 100,00.
- (D) 100,10.
- (E) 110,00.

**13 (UECE)** A porcentagem molar do etanol numa solução que contém 230 g de etanol e 90 g de água é:

- (A) 50%.
- (B) 10%.
- (C) 5%.
- (D) 0,5%.

**15 (UFMG)** Dissolveu-se 1,0 grama de permanganato de potássio em água suficiente para formar 1,0 litro de solução. Sabendo-se que 1 mL contém cerca de 20 gotas, a massa de permanganato de potássio em uma gota de solução é:

- (A)  $5,0 \cdot 10^{-3}$  g.
- (B)  $1,0 \cdot 10^{-3}$  g.
- (C)  $5,0 \cdot 10^{-4}$  g.
- (D)  $5,0 \cdot 10^{-5}$  g.
- (E)  $2,0 \cdot 10^{-5}$  g.

**16 (UFMG)** Estas indicações foram retiradas de um rótulo de água mineral:

Composição química potável	
Bicarbonato ( $HNO_3^-$ )	(1915 ± 98) mg/L
Sódio ( $Na^+$ )	(510 ± 20) mg/L
Cálcio ( $Ca^{2+}$ )	(160 ± 10) mg/L
Fluoreto ( $F^-$ )	(2,3 ± 0,2) mg/L
Sílica ( $SiO_2$ )	(73,0 ± 2,0) mg/L
pH	6,09 ± 0,11
$CO_2$ livre	(2,9 ± 0,3) g/L

Considerando-se as informações desse rótulo, é **correto** afirmar que a água analisada é:

- (A) uma solução ligeiramente básica, devido à presença de bicarbonato.
- (B) uma solução que apresenta excesso de cargas elétricas negativas.
- (C) uma solução que contém diversas substâncias.
- (D) uma substância pura que contém vários sais.

**18 (FGV-SP)** Uma lata contendo 2 kg de uma substância fatal para os peixes, em um nível de 1 ppm, foi acidentalmente despejada em um riacho. A lata está vazando a substância à razão de 10 mg/s; o riacho tem uma vazão de 10 L/s e está se movendo a 1 km/h. Quando a lata estiver vazia, que distância riacho abaixo estará contaminada pelos níveis fatais de pesticida? (Nota: Assuma que a substância não se modifica por um longo tempo quando solta no meio ambiente).

- (A) Aproximadamente 2 km.
- (B) Aproximadamente 8 km.
- (C) Aproximadamente 26 km.
- (D) Aproximadamente 44 km.
- (E) Aproximadamente 56 km.

**19 (Unicruz)** Que massa de permanganato de potássio está presente em 250 mL de solução decinormal destinada a oxidações no meio ácido?

- (A) 31,6 g.
- (B) 0,025 g.
- (C) 1,31 g.
- (D) 3,16 g.
- (E) 0,79 g.

**20 (FEI)** De acordo com os dados da Cetesb, o rio Tietê, ao passar pela Grande São Paulo, recebe vários dejetos industriais contendo vários poluentes, entre eles íons  $Pb^{+2}$  e  $Hg^+$ . Supondo que a análise destas águas mostrasse uma concentração 0,01 N, para cada íon, quais são as massas por litro presentes?

### EXERCÍCIOS NÍVEL 2

**01 (ITA)** O rótulo de um frasco diz que contém solução 1,50 molal de  $LiNO_3$  em etanol. Isto quer dizer que a solução contém:

- (A) 1,50 mol de  $LiNO_3$  / quilograma de solução.
- (B) 1,50 mol de  $LiNO_3$  / litro de solução.
- (C) 1,50 mol de  $LiNO_3$  / quilograma de etanol.
- (D) 1,50 mol de  $LiNO_3$  / litro de etanol.
- (E) 1,50 mol de  $LiNO_3$  / mol de etanol.

**02 (IME)** Sabendo-se que foi consumido 1,68 g de ferro pulverizado para retirada completa de um dos metais presentes em 1,00 L de uma solução aquosa, que contém  $n$  mols de  $Al^{3+}$ ,  $m$  mols de  $Cu^{2+}$ , 0,0200 mols de  $Zn^{2+}$  e 0,130 mols de  $Cl^-$ , responda aos quesitos abaixo:

- Qual a equação representativa da reação que ocorreu com a adição do ferro?
- De que forma o metal é retirado da solução?
- Qual a concentração inicial do  $Al^{3+}$ ?

**03 (IME)** Uma solução aquosa de NaOH possui as seguintes características:

- fração molar de NaOH igual a 0,01;
- massa específica da solução igual a  $1,04 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ;
- um litro dessa solução neutraliza 2 litros de solução aquosa de ácido ortofosfórico.

Calcule para a solução de  $H_3PO_4$ :

- molaridade;
- normalidade;
- concentração em  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ;
- molalidade.

**04 (IME)** A água, que não forma espuma facilmente, é denominada “dura” e aquela que a forma com facilidade é chamada de “mole”. A origem principal da dureza da água é a presença de pequenas quantidades de sais dissolvidos, tais como bicarbonato e sulfato de cálcio. Estes sais reagem com o sabão, evitando a formação de espuma com a água. O bicarbonato de cálcio, responsável pela dureza temporária, é previamente eliminado por um processo físico. A dureza permanente, devida ao sulfato de cálcio, pode ser eliminada pela adição de carbonato de sódio. Se a concentração usual de sulfato de cálcio, na água dos rios, é de  $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$ , qual a massa de carbonato de sódio que deve ser adicionada a  $6,8 \cdot 10^9$  litros desta água para torná-la mole? Considere a água mole isenta de sais de cálcio.

**05 (ITA)** Adicionou-se um excesso de solução de sulfato de sódio a 500 mL de solução de nitrato de chumbo, tendo-se formado um precipitado de sulfato de chumbo de massa igual a 3 g. A concentração inicial de sal de chumbo na solução era:

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| (A) $2 \cdot 10^{-3}$ molar. | (D) $5 \cdot 10^{-2}$ molar. |
| (B) $1 \cdot 10^{-2}$ molar. | (E) $2 \cdot 10^{-1}$ molar. |
| (C) $2 \cdot 10^{-2}$ molar. |                              |

**06 (ITA)** Determine o menor volume de solução de ácido clorídrico 0,250 molar necessário para dissolver completamente 13,5 g de alumínio metálico granulado.

**07 (ITA)** Um balão volumétrico de 250 mL contém inicialmente 200 gramas de uma solução de cloridreto ( $HCl$ ) em água com 30% em massa de ácido. A esta solução se acrescentam 49 g de sulfeto de zinco ( $ZnS$ ). Há formação de sulfeto de hidrogênio gasoso até consumo total do reagente minoritário. Terminando o desprendimento do gás, completa-se o volume da solução até 250 mL por adição de água destilada. Pede-se resposta, com justificativa, para cada um dos itens:

- Qual dos reagentes  $ZnS$  ou  $HCl$  será totalmente consumido?
- Quanto litros de  $H_2S$  serão obtidos, caso o volume seja medido a  $27^\circ\text{C}$  e 0,9 atm de pressão.
- Qual a concentração em mol/L de íons zinco na solução final?
- Qual a concentração em g/L de íons cloreto na solução final?

**08 (ITA)** Uma solução aquosa 0,84 molar de ácido nítrico tem densidade igual a  $1,03 \text{ g/cm}^3$ . A quantidade de ácido nítrico presente em  $50 \text{ cm}^3$  de solução é igual a:

- $(50 \cdot 1,03/63) \cdot 10^{-3}$  mol; logo  $(50 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3})$  g.
- $(50 \cdot 1,03/63) \cdot \text{mol}$ ; logo  $(50 \cdot 1,03)$  g.
- $(50 \cdot 1,03/63) \cdot \text{mol}$ ; logo  $(50 \cdot 1,03 \cdot 10^{-3})$  g.
- $(0,84 \cdot 50 \cdot 10^{-3}) \cdot \text{mol}$ ; logo  $(0,84 \cdot 50 \cdot 63 \cdot 10^{-3})$  g.
- $(0,84 \cdot 50)$  mol; logo  $(0,84 \cdot 50 \cdot 63)$  g.

**09 (ITA)** 40  $\text{cm}^3$  de solução aquosa de dicromato de potássio 0,1 molar são adicionados a 60  $\text{cm}^3$  de solução aquosa de nitrato de prata 0,1 molar, formando-se um precipitado vermelho de dicromato de prata. Admitindo que o volume final é igual a 100  $\text{cm}^3$ , e que a solubilidade do dicromato de prata é desprezível, assinale a opção que contém a afirmação certa:

- A quantidade de dicromato de prata é igual a  $(432 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1)$  gramas.
- A concentração final de íons  $K^+$  na fase líquida é igual a  $\{(40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1) / 100 \cdot 10^{-3}\}$  molar.
- A quantidade de precipitado é limitado pela quantidade de íons  $Ag^+$  empregada.
- A concentração final de íons dicromato na fase líquida é igual a  $(40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1)$  molar.
- A concentração de íons nitrato na fase líquida é igual a  $\{(40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1) / 100 \cdot 10^{-3}\}$  molar.

**10 (ITA)** Sabe-se que a solubilidade do  $PbCl_2$  em água cresce com a temperatura. A  $25^\circ\text{C}$ , a solubilidade é de 40 milimol de  $PbCl_2$  por litro de água. Todavia, sabe-se que é possível obter uma solução contendo dissolvidos 50 milimol de  $PbCl_2$  por litro de água, a  $25^\circ\text{C}$ . Dadas estas informações, pediu-se a alunos que sugerissem maneiras de obter uma tal solução supersaturada. Os alunos sugeriram os seguintes procedimentos:

- dissolver completamente 50 milimol de  $PbCl_2$  em 1 litro de água bem quente; por via das dúvidas filtrar e resfriar o filtrado na ausência de poeiras;
- dissolver completamente 50 milimol de  $PbCl_2$  em 2 litros de água a  $25^\circ\text{C}$  e, mantendo-se esta temperatura, filtrar e deixar evaporar metade da água (numa cápsula) na ausência de poeiras;
- acrescentar 50 milimol de  $PbCl_2$  em 1 litro de água a  $25^\circ\text{C}$ , manter a mistura durante muitos dias a  $25^\circ\text{C}$  sob constante agitação e assim todo o sólido acabará se dissolvendo

Em relação a essas sugestões dos alunos, quanto ao preparo de uma solução supersaturada, podemos afirmar que:

- nenhuma delas tem chance de produzir a solução desejada.
- todas elas, seguramente, resultarão na solução desejada.
- apenas as sugestões I e II poderão, eventualmente, resultar na solução desejada.
- apenas as sugestões I e III poderão, eventualmente, resultar na solução desejada.
- apenas a sugestão I irá resultar a solução desejada.

**11 (ITA)** Deseja-se preparar 100  $\text{cm}^3$  de uma solução aquosa 0,100 molar de sulfato de sódio, a partir de água destilada e cristais do sal hidratado  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$  puro. Descreva detalhadamente os cálculos e os procedimentos experimentais que devem ser empregados no preparo desta solução. Como é pedida uma concentração final com erro (desvio) relativo de 1%, sua resposta deve deixar claros detalhes dos tipos seguintes:

- Com que precisão e em que tipo de balança convém fazer a pesagem?
- O volume do líquido precisa ser medido com balão volumétrico e/ou pipeta, ou basta um cilindro graduado de 100  $\text{cm}^3$ ?

- c. Devemos medir o volume do solvente antes do acréscimo do sal, ou o volume final da solução?  
 d. O controle da temperatura é crítico? Sim ou Não? Por quê?

Os testes 12, 13 e 14 se referem ao seguinte problema prático:

Precisamos preparar 500 mL de uma solução 0,30 molar em  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . O sal disponível é o sal  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ . Esta solução é preparada colocando a quantidade correta do sal sólido num balão volumétrico de 500 mL e acrescentando água aos poucos, até que todo o sal esteja dissolvido. Após isso, continua-se a colocar até atingir a marca existente no balão.

**12 (ITA)** A quantidade, em mol, de  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  utilizado é:

- (A) 0,10. (D) 0,60.  
 (B) 0,15. (E) 0,90.  
 (C) 0,30.

**13 (ITA)** A massa, em gramas, do  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  utilizado é:

- (A) 60. (D) 120.  
 (B) 63. (E) 169.  
 (C) 84.

**14 (ITA)** A concentração, em mol/L, de ions sulfato em solução será:

- (A) 0,10. (D) 0,60.  
 (B) 0,15. (E) 0,90.  
 (C) 0,30.

**15 (ITA)** A 45°C a densidade da água pura é 0,99 g/cm<sup>3</sup>. Partindo desta informação, calcule  $[\text{H}_2\text{O}]$ , isto é, o número de mols de água por litro de água pura nesta temperatura. Deixe bem claro e raciocínio utilizado nos cálculos.

**16 (ITA)** O volume, em litros, de uma solução 0,30 molar de sulfato de alumínio que contém 3,0 mols de cátion alumínio é:

- (A) 2,5. (D) 9,0.  
 (B) 3,3. (E) 10.  
 (C) 5,0.

**17 (UFF)** A glicose com fórmula estrutural  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  é um açúcar simples e é também a principal fonte de energia para os seres humanos e outros vertebrados. Açúcares mais complexos podem ser convertidos em glicose. Numa série de reações, a glicose combina-se com o oxigênio que respiramos e produz, após muitos compostos intermediários, dióxido de carbono e água com liberação de energia. A alimentação intravenosa hospitalar consiste usualmente em uma solução de glicose e água com adição de sais minerais. Considere que 1,50 g de glicose seja dissolvidos em 64,0 g de água.

- a. Calcule a molalidade da solução resultante.  
 b. Calcule as frações molares da glicose e da água nesta solução.

**18 (Mackenzie-SP)** Preparou-se uma solução 0,2 mol/litro, dissolvendo-se 16,56 g de  $\text{X}(\text{CO}_3)_2$  em água suficiente para que fossem obtidos 400 mL de solução. O cátion X é o:

- (A) Be. (D) Sr.  
 (B) Mg. (E) Ba.  
 (C) Ca.

**19 (IME)** Uma solução de 6,5 M de etanol em água tem uma densidade de 0,95 g/cm<sup>3</sup>. Calcule a molalidade e a fração molar de etanol dessa solução.

**20 (FUVEST)** A dosagem de etanol no sangue de um indivíduo mostrou o valor de 0,080 g por 100 mL de sangue. Supondo que o volume total de sangue desse indivíduo seja 6,0 L e admitindo que 12% do álcool ingerido se encontram no seu sangue, quantas doses de bebida alcoólica ele deve ter tomado?

Dados:

- 1 dose de bebida alcoólica = 20 mL;
- porcentagem aproximada, em volume, de etanol na bebida = 50%;
- densidade do etanol = 0,80 g/mL.

- (A) 2. (D) 6.  
 (B) 4. (E) 7.  
 (C) 5.

RASCUNHO

Muitas vezes dentro dos experimentos ou das indústrias químicas, é necessária a mistura de soluções a fim de aperfeiçoar preços ou ainda montar soluções dentro de novos padrões de concentração. Todas essas misturas são previamente calculadas de forma a se obter o resultado desejado.

A titulação é uma prática química que tem como objetivo encontrar a concentração de soluções desconhecidas, fato muito comum no meio acadêmico e de pesquisa química.

## 1. Misturas: diluição e concentração de soluções

Diluir uma solução consiste em se adicionar mais solvente, diminuindo a concentração, enquanto concentrar uma solução consiste em retirar (diminuir) a quantidade de solvente (através da evaporação, por exemplo), aumentando sua concentração.

Como se pode perceber, em ambos os casos não realizamos nenhuma alteração do soluto, que permanece em mesma quantidade antes e depois dos dois processos.

Dessa forma, temos:  $n_1 = n_2$ , em que:

- Índice 1 indica estágio anterior;
- índice 2 indica estágio posterior.

Como  $n = C \cdot V \rightarrow C_1V_1 = C_2V_2$ .

Expandindo temos  $C = M \cdot M$  e a massa molar do soluto não se altera:  $M_1V_1 = M_2V_2$ .

Ainda é possível expressar em função de normalidade, pois  $N = k \cdot M$  e o valor da valência também não se altera. Desse modo, temos:  $N_1V_1 = N_2V_2$ .

Pode-se assim obter informações sobre a solução em qualquer dos estágios.

## 2. Misturas: soluções com o mesmo soluto

Ao misturar soluções com o mesmo soluto, na verdade, pegamos a quantidade total de mols de soluto (de todas as soluções) e estamos diluindo num novo volume.

Equacionando:  $n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n = n_f$

em que:

- Índice  $f \rightarrow$  indica o momento final, após a mistura de todas as soluções.

Assim como no caso anterior, podemos substituir o número de mols pelo produto entre volume e molaridade ou concentração comum ou normalidade.

$$\begin{aligned} M_1V_1 + M_2V_2 + \dots + M_nV_n &= M_fV_f \\ C_1V_1 + C_2V_2 + \dots + C_nV_n &= C_fV_f \\ N_1V_1 + N_2V_2 + \dots + N_nV_n &= N_fV_f \end{aligned}$$

**Obs.:** Não necessariamente podemos dizer que o volume da solução final será a soma dos volumes das soluções misturadas. Contudo, alguns exercícios fazem essa aproximação. Ou seja, não tendo posse de informação sobre o volume final da mistura, considere o volume como a soma dos volumes das soluções componentes da mistura.

## 3. Misturas: soluções com solutos diferentes

Quando misturamos duas (ou mais) soluções de solutos diferentes (não reagindo entre si), calculamos a concentração de cada soluto na solução final, como se estivéssemos realizando diversas diluições em separado.

Caso os solutos reajam entre si, devemos realizar todos os cálculos (tomando cuidado com todos os casos especiais de estequiometria) e considerar a formação de uma nova solução com características novas.

**Obs.:** A consideração do volume é a mesma do item 2 para ambos os casos.

## 4. Titulação

Titular significa determinar o título (concentração).

Titulação é uma técnica laboratorial, também designada por volumetria (resulta da medição de volumes) que se utiliza em análise química quantitativa, para a determinação de concentrações.

Numa titulação adiciona-se, lentamente e com agitação, o titulante (solução colocada na bureta) ao titulado (solução colocada na matriz) até se detectar uma variação brusca de uma propriedade física ou química, resultante da reação completa, entre o titulante e o titulado.

Conhecendo a estequiometria da reação, os volumes das soluções utilizadas e uma das concentrações, é possível determinar a outra concentração. Para isso, a adição do titulante deve parar quando os reagentes estejam nas proporções estequiométricas, ou seja, no ponto de equivalência. O volume de titulante correspondente seria o volume equivalente ( $V_{eq}$ ).

Experimentalmente, determina-se o ponto final da titulação, e sendo este o volume medido na bureta o  $V_f$ .

O ponto final raramente coincide com o ponto de equivalência, correspondendo a um ligeiro excesso (ou defeito) de volume do titulante adicionado. Designa-se por erro de titulação a diferença entre  $V_f$  e  $V_{eq}$ .

### 4.1 Titulação ácido – base

Na titulação ácido – base a detecção do ponto final é feita por observação da mudança de cor de um indicador ou da variação brusca do pH do titulado.

O ponto de equivalência ocorre quando as quantidades de ácido e de base estão nas proporções estequiométricas evidenciadas pela respectiva equação química, ou seja, quando:  $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{HO}^-)$ .

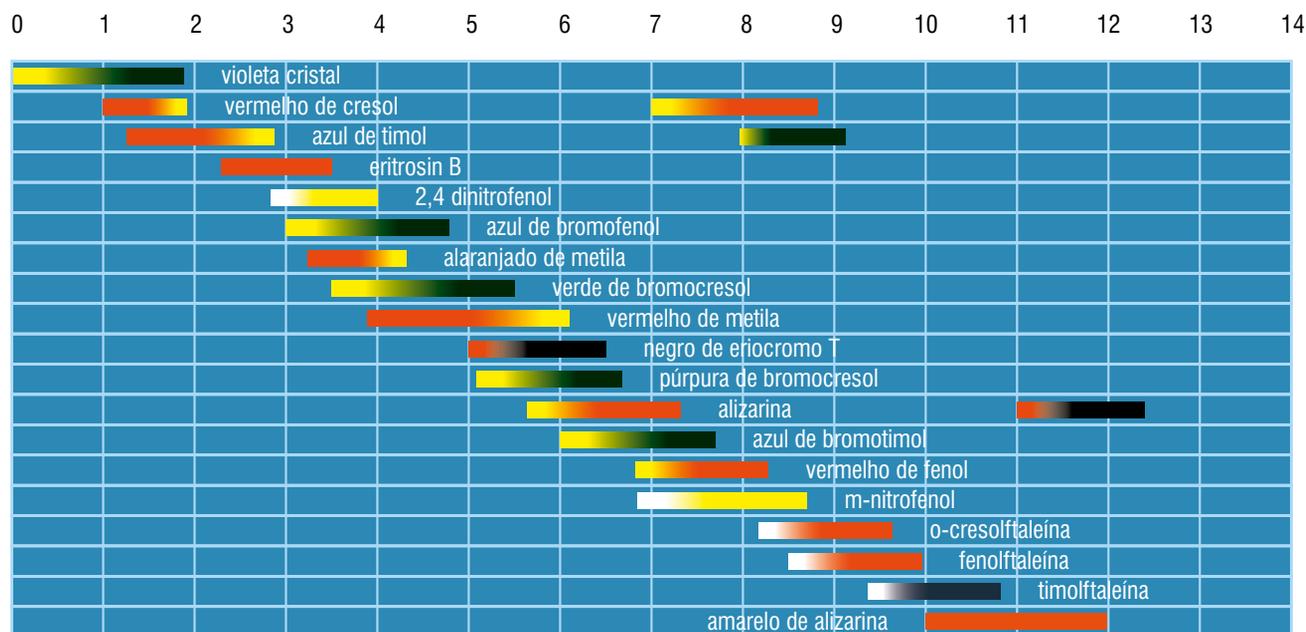
**Exemplos:**

- I. Ácido e base monoproticos:  $\text{HX}_{(aq)} + \text{MOH}_{(aq)} \rightarrow \text{MX}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$   
Como a proporção é 1:1  $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{HO}^-)$
- II. Uma das espécies é diprótica, por exemplo, a base:  $2\text{HX}_{(aq)} + \text{M}(\text{OH})_{2(aq)} \rightarrow \text{MX}_{2(aq)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ ;  $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n_{\text{ácido}}$ , mas  $n(\text{HO}^-) = 2 \times n_{\text{base}}$   
Portanto,  $n(\text{H}_3\text{O}^+) = 2n(\text{HO}^-)$ .

Para realização das titulações ácido – base, utilizamos os indicadores visuais, substâncias que apresentam variações colorimétricas dependendo do pH do meio em que se encontram. Devemos atentar ao escolher um indicador para que sua zona de viragem esteja na região de pH em que

ocorre o ponto final e possamos interromper a titulação. Abaixo alguns indicadores e suas zonas de transição. Os mais importantes são: Alaranjado de Metila, Azul de Bromotimol e Fenolftaleína.

### Alguns indicadores ácido-base



Para uma informação menos precisa, podemos usar o papel de tornassol ou azul de tornassol, um corante solúvel em água extraído de certos líquens. Torna-se vermelho em condições ácidas e azul em condições básicas. A mudança de cor ocorre para variações no pH de 4,5 a 8,3 (a 25°C). Não é adequado para titulações porque há alterações na cor para grandes variações do pH. É utilizado quando se quer determinar, simplesmente, se a solução é ácida ou básica, pois o tornassol não providencia nenhuma informação adicional, por exemplo, o pH do ácido ou da base. O papel de tornassol azul é o indicado para se determinar se uma solução é ou não ácida. Por exemplo, se uma gota de uma solução ácida pingar sobre um papel de tornassol azul, este irá mudar de cor para vermelho.

### 4.2 Titulação Redox

Baseiam-se nos processos em que há transferência de elétrons (isto é, nas reações de oxirredução). Os agentes oxidantes ou redutores apresentam diferentes atividades químicas. Oxidantes fortes têm pronunciada tendência para ganhar elétrons e são capazes de removê-los de grande número de redutores. O mesmo acontece na perda de elétrons em relação aos redutores. Assim, a intensidade da ação oxidante ou redutora de um sistema é determinada pelo seu potencial de oxidação.

### 4.3 Titulação por precipitação

Uma reação com formação de precipitado pode ser utilizada para titulação, desde que processe com velocidade adequada, que seja quantitativa e que haja um modo de determinar o momento em que o ponto de equivalência foi alcançado. Na prática, essas condições limitam seriamente o número de reações de precipitação utilizáveis. Muitas reações de precipitação precisam de tempo relativamente longo para serem consideradas quantitativas.

### 4.4 Titulação por formação de complexos

As titulações complexométricas baseiam-se na formação de um complexo solúvel. São reações extremamente comuns, mas poucas satisfazem as condições para serem usadas em química analítica: na sua maioria, os complexos não são estáveis bastante para permitir uma titulação. Os complexos que podem ser usados são quase sempre agentes quelatantes, e o reagente mais comum é o sal dissódico do ácido etilendiaminotetracético (EDTA). Quase todos os metais podem ser titulados pelo EDTA ou reagentes semelhantes, e essas titulações representam um dos maiores desenvolvimentos da química analítica clássica nos últimos anos.

### 4.5 Titulação sem indicador

O ponto de equivalência é indicado pelo aparecimento de uma turbidez. Esse é um dos métodos mais precisos de análise volumétrica para a determinação da prata. A determinação é feita pela adição de uma solução titulada de NaCl ou NaBr, e a suspensão é agitada até que haja coagulação do AgBr ou AgCl formado. A velocidade de coagulação é uma indicação da proximidade do ponto de equivalência, pois quanto menor a concentração de íons prata na solução, menor a carga positiva nas partículas do precipitado. O precipitado é deixado em repouso para depositar e, então, um pequeno volume da solução titulada, diluída dez vezes, é adicionada à solução, cuja fase líquida estará perfeitamente límpida.

Qualquer resto de íon prata na solução dará turbidez. Se essa turbidez for forte, a solução será novamente agitada para coagulação, e o processo repetido até que se tenha fraca ou nenhuma turbidez. Como essa titulação requer habilidade e é muito trabalhosa, na prática em geral usam-se métodos com indicador.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** Em um copo de 500 mL, são misturados 100 mL de ácido clorídrico 1,00 molar em 100 mL de hidróxido de sódio 0,50 molar. A solução resultante no copo é:

- (A)  $1,0 \cdot 10^{-7}$  molar em  $\text{OH}^-$ . (D) 0,25 molar em  $\text{H}^+$ .  
 (B)  $1,0 \cdot 10^{-7}$  molar em  $\text{H}^+$ . (E) 0,50 molar em  $\text{H}^+$ .  
 (C) 0,05 molar em  $\text{H}^+$ .

**Solução:** Letra D.

A reação que está ocorrendo é a seguinte:  $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

Número de mols disponíveis:

- $\text{HCl} - n = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ mol}$
- $\text{NaOH} - n = 0,1 \cdot 0,5 = 0,05 \text{ mol}$

Reagente em excesso =  $\text{HCl} - 0,05 \text{ mol}$ .

Todo  $\text{H}^+$  da solução final seria oriundo desse excesso, uma vez que a água não sofre dissociação.

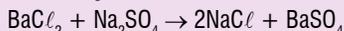
$$[\text{H}^+] = \frac{0,05}{0,2} = 0,25 \text{ mol/L}$$

**02** A 50 mL de uma solução aquosa 0,20 molar em  $\text{BaCl}_2$ , acrescentaram-se 150 mL de uma solução aquosa 0,10 molar em  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Supondo que a precipitação de  $\text{BaSO}_4$  tenha sido completa, quais serão as concentrações, em mol/L, de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  na mistura final?

- (A) 0,40 e 0,05. (D) 0,05 e 0,00.  
 (B) 0,10 e 0,00. (E) 0,05 e 0,25.  
 (C) 0,10 e 0,025.

**Solução:** Letra C.

A reação que está ocorrendo é a seguinte:



Número de mols disponíveis:

$$\text{BaCl}_2 - n = 0,2 \cdot 0,05 = 0,010 \text{ mol}$$

$$\text{Na}_2\text{SO}_4 - n = 0,1 \cdot 0,15 = 0,015 \text{ mol}$$

Reagente em excesso =  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 0,005 \text{ mol}$

Total de mols de íon na situação final:

$$\text{Cl}^- = 0,020 \text{ mol (oriundo do NaCl)}$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 0,005 \text{ mol (oriundo do excesso de Na}_2\text{SO}_4, \text{ já que o BaSO}_4 \text{ sofreu precipitação).}$$

Concentrações:

$$[\text{Cl}^-] = \frac{0,02}{0,2} = 0,10 \text{ mol/L}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{0,005}{0,2} = 0,025 \text{ mol/L}$$

**03** O fenômeno da chuva ácida acontece quando existem poluentes, derivados de óxidos de nitrogênio e de enxofre, misturados nas gotículas de água que formam as nuvens. Dentre os sérios problemas que podem acontecer em decorrência desta poluição, está a ação dos ácidos sobre as estruturas de ferro, cimento, mármore, etc. Uma das reações que representam esta reação é:  $\text{CaCO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{CaSO}_{4(aq)} + \text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$ . Qual o volume de ácido sulfúrico 0,50 M que pode reagir com 25,0 g de carbonato de cálcio, nesta reação?

**Solução:** Pelo balanceamento da equação, temos que o número de mol de  $\text{CaCO}_3$  será igual ao do número de mol do  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Número de mol do  $\text{CaCO}_3 = 25/100 = 0,25 \text{ mol}$ . Logo, o volume da solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  será 0,5 L (0,25/0,50).

EXERCÍCIOS NÍVEL 1

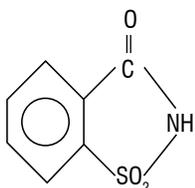
**01 (UFPE)** A salinidade da água de um aquário para peixes marinhos expressa em concentração de  $\text{NaCl}$  é 0,08 M. Para corrigir essa salinidade, foram adicionados 2 litros de uma solução 0,52 M de  $\text{NaCl}$  a 20 litros da água deste aquário. Qual a concentração final de  $\text{NaCl}$  multiplicada por 100?

**02 (UFPR)** Necessita-se preparar uma solução de  $\text{NaOH}$  0,1 mol/L. Dadas as massas atômicas:  $\text{Na} = 23$ ;  $\text{O} = 16$  e  $\text{H} = 1$ , pergunta-se:

- Qual é a massa de  $\text{NaOH}$  necessária para preparar 500 mL desta solução?
- A partir da solução 0,1 mol/L de  $\text{NaOH}$ , como é possível obter 1 L de solução  $\text{NaOH}$ , porém na concentração 0,01 mol/L?
- Qual o volume de  $\text{HCl}$  0,05 mol/L necessário para neutralizar 10 mL de solução 0,1 mol/L de  $\text{NaOH}$ ?

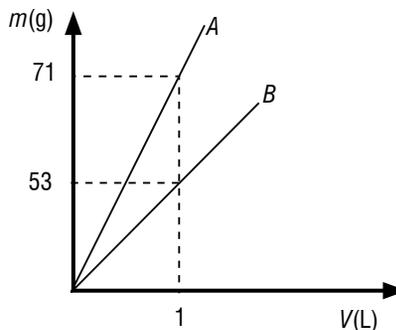
Justifique suas respostas mostrando os cálculos envolvidos.

**03 (UFRJ)** A sacarina, que tem massa molecular 183 e fórmula estrutural é utilizada em adoçantes artificiais. Cada gota de um certo adoçante contém 4,575 mg de sacarina. Foram adicionadas, a um recipiente contendo café com leite, 40 gotas desse adoçante, totalizando um volume de 200 mL.



- Determine a molaridade da sacarina nesse recipiente.
- Quantos mililitros de café com leite devem ser adicionados ao recipiente para que a concentração da sacarina se reduza a 1/3 da concentração inicial?

**04 (UFRJ)** O gráfico a seguir representa a relação entre massa do soluto e volume de solução, para duas soluções distintas.



A reta A representa esta relação para uma solução 0,5 M cujo soluto é a substância  $\text{X}_2\text{YO}_4$  e a reta B uma solução 1 N cujo soluto é  $\text{X}_2\text{CO}_3$ . Nesses solutos, X e Y representam elementos a serem determinados.

- a. Qual o nome da substância  $X_2YO_4$ ?
- b. Qual a normalidade da solução resultante da mistura de 1 litro da solução representada pela reta *B* com 2 litros de uma solução de mesmo soluto cuja concentração é 2 M?

**05 (UFRJ)** A tabela a seguir apresenta o volume, em mL, e a concentração, em diversas unidades, de três soluções diferentes. Algumas informações não estão disponíveis na tabela, mas podem ser obtidas a partir das relações entre as diferentes unidades de concentração:

Solução	Volume (mL)	Normalidade
I. $Mg(OH)_2$	100	...
II. $Mg(OH)_2$	400	1,0
III. Monoácido	...	0,1

Solução	Molaridade	Concentração (g/L)
I. $Mg(OH)_2$	2,0	<i>A</i>
II. $Mg(OH)_2$	...	29
III. Monoácido	<i>B</i>	<i>C</i>

- a. Qual a molaridade da solução resultante da mistura das soluções I e II?
- b. O sal formado pela reação entre os compostos presentes nas soluções I e III é o  $Mg(BrO_3)_2$ . Determine os valores desconhecidos *A*, *B* e *C*.

**06 (Unicamp)** Um dos grandes problemas das navegações do século XVI referia-se à limitação de água potável que era possível transportar numa embarcação. Imagine uma situação de emergência em que restaram apenas 300 litros (L) de água potável (considere-a completamente isenta de eletrólitos). A água do mar não é apropriada para o consumo devido à grande concentração de  $NaCl$  (25 g/L), porém o soro fisiológico (10g  $NaCl$ /L) é. Se os navegantes tivessem conhecimento da composição do soro fisiológico, poderiam usar água potável para diluir água do mar de modo a obter o soro e assim teriam um volume maior de líquido para beber.

- a. Que volume total de soro seria obtido com a diluição se todos os 300 litros de água potável fossem usados para este fim?
- b. Considerando-se a presença de 50 pessoas na embarcação e admitindo-se uma distribuição equitativa do soro, quantos gramas de  $NaCl$  teriam sido ingeridos por cada pessoa?
- c. Uma maneira que os navegadores usavam para obter água potável adicional era recolher água de chuva. Considerando-se que a água da chuva é originária, em grande parte, da água do mar, como se explica que ela possa ser usada como água potável?

**07 (Cesgranrio)** Acrescenta-se a 10 mL de solução 3 M de  $H_2SO_4$  a 0,245 g do mesmo ácido e água, completando-se o volume a 65 mL. A solução resultante será:

- (A) 5 M. (D) 2 N.  
 (B) 5 N. (E) 1 N.  
 (C) 2 M.

**08 (Cesgranrio)** Num laboratório, necessita-se preparar uma solução 10 N de  $H_2SO_4$ , e dispõe-se de 500 mL de outra solução desse ácido com 90% em peso e densidade 1,81 g/cm<sup>3</sup>. Que volume de água destilada deve ser adicionado a esta última solução para se atingir o objetivo proposto?

- (A) 830 mL.  
 (B) 1160 mL.  
 (C) 1660 mL.  
 (D) 2320 mL.  
 (E) 3320 mL.

**09 (Mackenzie)** 100 mL de solução (I) aquosa de NaOH (II) de concentração 2,0 g/L (III) foi diluída (IV) até completar 250 mL (V). Assinale a alternativa que traduz **incorretamente** os termos enumerados na afirmação anterior:

- (A) (I) mistura homogênea.  
 (B) (II) fórmula de uma base.  
 (C) (III) têm-se 2,0 g de soluto em 1 litro de solução.  
 (D) (IV) adicionou-se soluto, de forma que a concentração da solução aumentou.  
 (E) (V) adicionaram-se 150 mL de solvente, sem alterar a quantidade de soluto.

**11 (PUC-SP)** Adicionaram-se 100 mL de solução de  $Hg(NO_3)_2$  de concentração 0,40 mol/L a 100 mL de solução de  $Na_2S$  de concentração 0,20 mol/L. Sabendo-se que a reação ocorre com formação de um sal totalmente solúvel ( $NaNO_3$ ) e um sal praticamente insolúvel ( $HgS$ ), as concentrações, em mol/L, dos íons  $Na^+$  e  $Hg^{+2}$  presentes na solução final, são respectivamente:

- (A) 0,1 mol/L e 0,2 mol/L.  
 (B) 0,2 mol/L e 0,1 mol/L.  
 (C) 0,4 mol/L e 0,2 mol/L.  
 (D) 0,4 mol/L e 0,1 mol/L.  
 (E) 0,2 mol/L e 0,4 mol/L.

**12 (UFMG)** 100 mL de uma solução aquosa de ácido clorídrico 1 mol/L foram misturados a 100 mL de uma solução aquosa de nitrato de prata 1 mol/L, formando um precipitado de cloreto de prata, de acordo com a equação:  $HCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl + HNO_3$ . Em relação a esse processo, todas as afirmativas estão corretas, **exceto**:

- (A) A concentração do íon nitrato na mistura é 0,5 mol/L.  
 (B) A reação produz um mol de cloreto de prata.  
 (C) O cloreto de prata é muito pouco solúvel em água.  
 (D) O pH permanece inalterado durante a reação.  
 (E) O sistema final é constituído de duas fases.

**13 (UFMG)** O quadro apresenta as quantidades de um mesmo soluto em três soluções de volumes diferentes. Considerando-se as concentrações das três soluções, é **correto** afirmar que:

Solução	I	II	III
Quantidade de soluto/mol	1	2	3
Volume total	1	2	3

- (A) a mistura das soluções I e II resulta em uma solução de concentração menor que a da solução III.  
 (B) a mistura das soluções I e III resulta em uma solução de concentração igual à da solução II.  
 (C) a solução I é a mais diluída.  
 (D) a solução III é a mais diluída.

**14 (UFRRJ)** Misturando-se 100 mL de solução aquosa 0,1 molar de  $KCl$ , com 100 mL de solução aquosa 0,1 molar de  $MgCl_2$ , as concentrações de íons  $K^+$ ,  $Mg^{+2}$  e  $Cl^-$  na solução resultante, serão, respectivamente:

- (A) 0,05 M; 0,05 M e 0,1 M.  
 (B) 0,04 M; 0,04 M e 0,12 M.  
 (C) 0,05 M; 0,05 M e 0,2 M.  
 (D) 0,1 M; 0,15 M e 0,2 M.  
 (E) 0,05 M; 0,05 M e 0,15 M.

**15 (UF-Viçosa)** Misturando-se 20 mL de solução de  $NaCl$ , de concentração 6,0 mol/L, com 80 mL de solução de  $NaCl$ , de concentração 2,0 mol/L, são obtidos 100 mL de solução de  $NaCl$ , de concentração, em mol/L, igual a:

- (A) 1,4. (D) 5,6.  
 (B) 2,8. (E) 4,0.  
 (C) 4,2.

**16 (UNIRIO)** Misturando-se 25,0 mL de uma solução 0,50 M de  $KOH$  com 35,0 mL de solução 0,30 M de  $KOH$  e solução 10,0 mL de uma solução 0,25 M de  $KOH$ , resulta uma solução cuja concentração normal ou normalidade, admitindo-se a aditividade de volume, é, aproximadamente igual a:

- (A) 0,24 N. (D) 0,50 N.  
 (B) 0,36 N. (E) 0,72 N.  
 (C) 0,42 N.

**17 (PUC-MG)** 50 mL de uma amostra contendo ácido acético ( $CH_3COOH$ ) foram diluídos com água e o volume completado para 250 mL. Uma alíquota de 25 mL dessa solução consumiu 25 mL de uma solução 0,1 mol/L de  $NaOH$  para neutralizar o ácido. O teor de ácido acético da amostra é:

- (A) 1,0%.  
 (B) 0,2%.  
 (C) 3,0%.  
 (D) 5,0%.  
 (E) 10,0%.

**18 (UFMG)** O rótulo de uma garrafa de vinagre indica que a concentração de ácido acético ( $CH_3COOH$ ) é 42 g/L. A fim de verificar se a concentração da solução ácida corresponde à indicada no rótulo, 10,0 mL da mesma solução foram titulados com hidróxido de sódio 0,100 mol/L, gastando-se 25,00 mL da base para a neutralização. Quatro grupos de estudantes realizaram os cálculos de ambas as concentrações, a indicada no rótulo e a obtida através da titulação. Os resultados encontrados pelos quatro grupos estão apresentados no quadro.

Grupo	Concentração indicada no rótulo (mol/L)	Concentração calculada a partir da titulação (mol/L)
I	0,25	0,25
II	0,25	0,70
III	0,70	0,25
IV	0,70	0,70

Ambas as concentrações foram calculadas corretamente pelo grupo:

- (A) II. (C) I.  
 (B) IV. (D) III.

**19 (UNESP)** Na preparação de 500 mL de uma solução aquosa de  $H_2SO_4$  de concentração 3 mol/L, a partir de uma solução de concentração 15 mol/L do ácido, deve-se diluir o seguinte volume da solução concentrada:

- (A) 10 mL. (D) 300 mL.  
 (B) 100 mL. (E) 450 mL.  
 (C) 150 mL.

**20 (ITA)** O rótulo de um produto de limpeza diz que a concentração de amônia ( $NH_3$ ) é de 9,5 g/L. Com o intuito de verificar se a concentração de amônia corresponde à indicada no rótulo, 5,00 mL desse produto foram titulados com ácido clorídrico de concentração 0,100 mol/L. Para consumir toda a amônia dessa amostra, foram gastos 25,00 mL do ácido.

Com base nas informações fornecidas acima, qual a concentração da solução, calculada com os dados da titulação? A concentração indicada no rótulo é correta?

- (A) 0,12 mol/L. Sim.  
 (B) 0,25 mol/L. Não.  
 (C) 0,25 mol/L. Sim.  
 (D) 0,50 mol/L. Não.  
 (E) 0,50 mol/L. Sim.

## EXERCÍCIOS NÍVEL 2

**01** Calcule quantos mililitros de uma solução de  $HCl$  0,250 mol  $\cdot$  L<sup>-1</sup> são necessários para:

- a. preparar 100 mL de uma solução de  $HCl$  0,100 mol  $\cdot$  L<sup>-1</sup>;  
 b. neutralizar 50 mL de uma solução de  $Ba(OH)_2$  0,200 mol  $\cdot$  L<sup>-1</sup>;  
 c. dissolver 0,200 g de  $CaCO_{3(s)}$ , de acordo com a reação:  $CaCO_{3(s)} + 2 H^+ \rightarrow Ca^{2+} + H_2O + CO_2$ .

**02 (OBQ – modificada)** 10 mL de solução de sulfato de amônio foram tratados com excesso de hidróxido de sódio. O gás que se formou foi absorvido em 50 mL de ácido clorídrico 0,1 mol/L. Na titulação do excesso de ácido clorídrico foram gastos 21,5 mL de hidróxido de sódio 0,1 mol/L. Calcule a concentração, em quantidade de matéria, da solução de sulfato de amônio.

**03 (ITA)** Num recipiente, mantido a 25° C, misturam-se 50 mL de uma solução 5,0 milimol/L de  $HCl$ , 50 mL de água destilada e 50 mL de uma solução 5,0 milimol/L de  $NaOH$ . A concentração de íons  $H^+$ , em mol/L, na solução resultante é:

- (A)  $1,3 \cdot 10^{-11}$ .  
 (B)  $1,0 \cdot 10^{-7}$ .  
 (C)  $0,8 \cdot 10^{-3}$ .  
 (D)  $1,0 \cdot 10^{-3}$ .  
 (E)  $3,3 \cdot 10^{-3}$ .

**04 (UFRJ)** Para manter bem tratada a água de uma piscina, é necessário adicionar cloro, manter o pH neutro e filtrar a água diariamente. Um processo de cloração utilizado consiste na diluição de uma solução concentrada de hipoclorito de sódio. O íon hipoclorito é um oxidante de compostos orgânicos e possui ação bactericida. Suponha que, inicialmente, a piscina contenha 36.000 litros de água pura e que seja alimentada com uma solução de concentração 0,149 g/L de  $NaOCl$ , até completar o volume total da piscina de 40.000 litros. Determine a concentração final de íons hipoclorito (em mol/l) na piscina, supondo que não exista decomposição deste íon.

EXERCÍCIOS NÍVEL 3

**05 (PUC-RJ)** Uma solução de ácido clorídrico 4,0 M foi misturada com outra solução do mesmo ácido 1,5 M, obtendo-se 400 mL de solução 2,5 M. Quais foram os volumes, em mililitros, das soluções de 4,0 M e 1,5 M de HCl que foram adicionados?

**06** O ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) é um ácido tricarbólico presente no suco das chamadas frutas cítricas. Determine o teor de ácido cítrico em 1 g de suco de limão, que necessita de 15 mL de uma solução 0,08 M de uma monobase, para completa neutralização.

**07 (Unificado-RJ)** Em laboratório, um aluno misturou 10 mL de uma solução de HCl 2 M com 20 mL de uma solução X M do mesmo ácido em um balão volumétrico de 50 mL de capacidade. Em seguida, completou o volume do balão volumétrico com água destilada. Na total neutralização de 10 mL da solução final obtida, foram consumidos 5 mL de solução de NaOH 2 M. Assim, qual é o valor de X?

**08 (OBQ – modificada)** Um técnico de laboratório dispõe de uma solução de NaOH, que não era utilizada havia muito tempo, e em cujo rótulo está escrito: NaOH 0,25 mol.L<sup>-1</sup>. Como esta solução é instável, antes de usá-la o técnico decidiu titular 25,0 mL dessa solução com uma solução de HCl 0,25 mol.L<sup>-1</sup> e gastou 22,5 mL desta última solução. A concentração indicada no rótulo está correta?

**09 (UFF)** Sabe-se que uma amostra de 10,0 mL de leite bovino continha, inicialmente, 0,50 g de lactose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$  – açúcar encontrado no leite dos mamíferos). Após algum tempo, ao realizar-se uma análise para a determinação da massa, em grama, de ácido láctico ( $C_3H_6O_3$  – monoprótico) existente nessa amostra, foram necessários 40,0 mL de solução de NaOH 0,10 mol.L<sup>-1</sup>. Tem-se a transformação:  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4C_3H_6O_3$ . A partir dessas informações, determine o percentual de lactose ainda presente nessa amostra.

**10 (FUVEST – modificada)** Um ácido monocarbólico saturado foi preparado pela oxidação de 2,0 g de um álcool primário, com rendimento de 74%. Para identificar o ácido formado, efetuou-se sua titulação com solução aquosa de hidróxido de sódio de concentração igual a 0,20 mol L<sup>-1</sup>. Gastaram-se 100 mL para consumir todo o ácido. Determine a massa molar do álcool empregado.

**01** Uma amostra de 1 g de uma mistura de FeO e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> foi dissolvida em água acidulada e titulada com solução de KMnO<sub>4</sub> 0,1 mol/L, sendo gastos 10 mL. Qual é a percentagem em massa da mistura em Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>?

**02 (IME)** 1 grama de mistura de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio e tratada por 50 mL de solução normal de ácido sulfúrico. Para neutralizar o excesso de ácido, gastaram-se 27,5 mL de solução normal de hidróxido de sódio. Calcular os pesos de cada um dos carbonatos na mistura.

**03 (IME)** Determinar a composição de uma liga de magnésio e alumínio, sabendo que 450 mg desta liga se dissolve em 100 mL de um ácido normal, e que o excesso deste é neutralizado por 60 mL de álcali da mesma normalidade.

**04** Em solução ácida 25 mL de solução de KMnO<sub>4</sub> são necessários para reagir com 50 mL de solução de H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 0,2 mol/L. Que volume desta solução de KMnO<sub>4</sub> será necessário para oxidar 10 mL de solução de Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 0,1 mol/L?

**05 (OBQ)** Na titulação, na presença de alaranjado de metila, de 1,000 g de uma amostra contendo apenas NaOH e Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, foram consumidos 43,25 mL de um solução de HCl 0,500 mol/L. Pode-se concluir que esta amostra contém:

- (A) 40% de NaOH e 60% de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.
- (B) 45% de NaOH e 55% de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.
- (C) 50% de NaOH e 50% de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.
- (D) 55% de NaOH e 45% de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.
- (E) 60% de NaOH e 40% de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

RASCUNHO

## 1. Definição

Poderíamos começar o capítulo dando a definição técnica do que é um coloide, mas num primeiro momento não há nada que possamos fazer com isso. Então vamos pensar em coloides como suspensões de partículas muito pequenas para serem vistas com um microscópio ótico, mas grandes o suficiente para espalhar a luz.

## 2. Efeito Tyndall

Esse espalhamento de luz é a primeira propriedade característica dos coloides e se chama efeito Tyndall. O leite ser branco e os lasers serem muito mais visíveis em regiões com neblina ou fumaça são consequências diretas disso.

## 3. Movimento Browniano

Descoberto em 1827 pelo inglês Robert Brown quando estudava partículas de pólen, é um movimento aleatório e muito lento das partículas coloidais num fluido que contribui para a não sedimentação do coloide no fundo do recipiente. Esse movimento se dá em razão do bombardeamento constante do líquido nas partículas.

## 4. Classificação

Adotaremos três critérios de classificação:

- quanto à natureza;
- quanto ao estado físico;
- quanto à dispersabilidade.

### 4.1 Quanto à natureza

De acordo com esse critério, podemos falar em:

#### 4.1.1 Coloides micelares

Quando as partículas coloidais são agregados de moléculas, íons ou átomos. São, neste caso, as partículas do disperso denominadas de **micelas**.

**Ex.:**

- enxofre na água → micela molecular
- brometo de prata no filme fotográfico → micela iônica
- metais coloidais como ouro coloidal → micela atômica

#### 4.1.2 Coloides moleculares

Quando o disperso é constituído de partículas que são moléculas gigantes.

**Ex.:** amido na água, hemoglobina no sangue, borracha no tolueno (borracha coloidal).

#### 4.1.3 Coloides iônicos

Quando as partículas do disperso são íons gigantes (macro íons).

Macro moléculas com cargas elétricas em um ou mais locais.

Exemplo: proteínas na água.

Cumpra ressaltar que os coloides micelares podem tornar-se soluções verdadeiras. No entanto, os dispersos dos coloides moleculares e iônicos só poderão aparecer no estado coloidal e são chamados de eucoloides.

## 4.2 Quanto ao estado físico do dispersante e disperso

Como o dispersante e o disperso podem ser: sólidos, líquidos ou gases, temos os seguintes casos a considerar:

Disperso	Dispersante	Exemplos
sólido	sólido	vidro vermelho obtido pela dispersão do ouro no vidro
sólido	líquido	goma arábica na água
sólido	gás	fumaça
líquido	sólido	geleias
líquido	líquido	óleos solúveis na água, maionese
líquido	gás	neblina
gás	sólido	pedra-pome
gás	líquido	espuma, chantilly
gás	gás	Não existe

**Obs. 1:** Não existem coloides de gás em gás. Misturas gasosas são sempre soluções verdadeiras.

**Obs.2:** No estudo dos coloides aparecem diversos termos tais como: sol, gel, hidrossol, aerossol, emulsão, suspensão, pectização, peptização, etc.

- Sol** – é o nome que se dá ao sistema coloidal de um disperso sólido num líquido dispersante, de modo que o sistema não tome uma forma definida, pois mais predomina o estado líquido.  
**Ex.:** tintas, goma de amido.
- Gel** – é quando o sistema é constituído de um sólido num líquido, porém, mais se destaca o aspecto sólido, tendo a solução coloidal uma forma já definida. Pode-se mesmo dizer que se trata de um líquido disperso num sólido dispersante.  
**Ex.:** pudim de caramelo, geleias, sílica-gel.
- Hidrossol e aerossol** – alguns autores denominam qualquer coloide de sol. Se o dispersante é água, temos o hidrossol, se é ar, temos aerossol. No entanto, nestes capítulos, ao se falar em “sol” estaremos nos referindo à dispersão de um sólido em um líquido.
- Emulsão** – solução coloidal de líquido em um outro líquido.  
**Ex.:** maionese.
- Suspensão** – Quando trata-se de um “sol” (sólido num líquido) muito instável e geralmente com partículas quase reconhecíveis ao microscópio, dá-se o nome de suspensão à referida solução coloidal.  
**Ex.:** enxofre na água, ouro coloidal, suspensão de leite de cal, etc.
- Pectização** – é a passagem de um sol a gel. Como vimos, a diferença entre sol e gel está na maior ou menor proporção do sólido em relação ao líquido. Percebe-se, mesmo intuitivamente, que se tivermos uma geleia em muita água teremos um sol. Deixando-se evaporar água da goma arábica, teremos um gel. Esta transformação é denominada de pectização.
- Peptização** – é o contrário do caso anterior. Adicionando-se água ao leite em pó, obtém-se uma solução coloidal e a operação é denominada peptização.

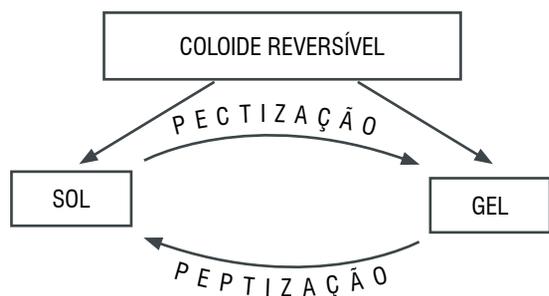
### 4.3 Quanto à dispersibilidade

#### 4.3.1 Coloides reversíveis ou liófilos

São aqueles coloides nos quais o disperso, num simples contato com o dispersante, forma o estado coloidal.

Quando o dispersante é a água, o colóide recebe o nome de hidrófilo. Como exemplos, temos a goma-arábica, muitas proteínas na água, borracha no tolueno, etc. O nome reversível é em virtude de se poder obter sol do gel e em seguida voltar a gel por simples evaporação do solvente.

Em outras palavras, pode-se facilmente aplicar a pectização e logo em seguida a peptização, voltando assim ao estado coloidal.



#### 4.3.2 Coloides irreversíveis ou liófilos

Colocando-se enxofre em contato com a água, mesmo por agitação forte, não se consegue obter o estado coloidal. No entanto, dissolvendo-se o enxofre no álcool temos uma solução verdadeira, em seguida, se colocarmos esta solução na água, teremos enxofre coloidal constituído por um agregado de moléculas de  $S_8$ . Em seguida, pela eliminação do álcool pode-se obter o enxofre coloidal.

Este colóide é irreversível, pois, uma vez precipitado, o gel não obtém o sol por simples contato com o dispersante. Os exemplos mais típicos são aqueles das substâncias inorgânicas na água e são denominados coloides hidrófobos.

**Exemplos:**  $AgCl$ ,  $As_2S_3$ ,  $Al(OH)_3$ ,  $Fe(OH)_3$ , ouro coloidal, etc.

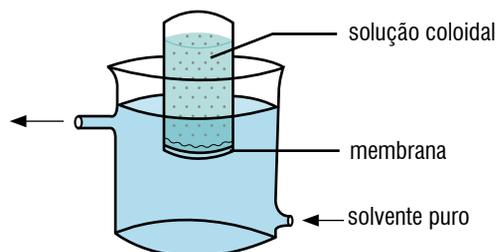
## 5. Purificação dos coloides

Muitas vezes, quando se obtém uma solução coloidal, no processo de preparação, acompanham outras substâncias que constituem com o dispersante, soluções verdadeiras.

### 5.1 Diálise

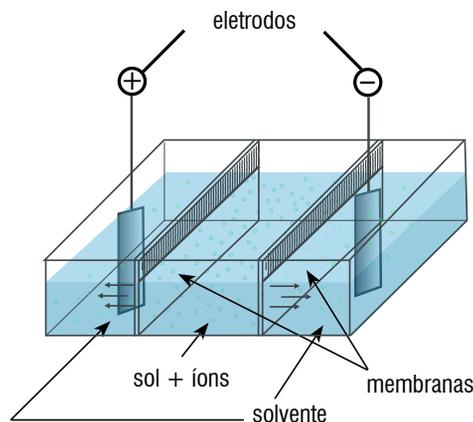
Vimos que partículas das soluções verdadeiras atravessam, muito mais rapidamente, membranas permeáveis, como celofane, papel pergaminho, bexiga de porco, etc.

Os íons ou moléculas da solução verdadeira que se encontram no sol atravessam com muito mais rapidez a membrana, ficando retidas no sol as partículas coloidais.



### 5.2 Eletrodialise

É utilizado quando na solução coloidal existem íons em solução verdadeira com o dispersante. O processo é análogo ao caso anterior. Colocam-se agora eletrodos fora da membrana; estes atraem os íons que atravessam a membrana com maior rapidez.



### 5.3 Ultrafiltração

Passa-se um sistema coloidal através de um filtro. O ultrafiltro é aquele com uma porosidade extremamente fina, como por exemplo, papel de filtro ou porcelana porosa impregnada com um colóide. O ultrafiltro só deixa atravessar partículas da solução verdadeira. Como o processo é muito lento, deve-se acelerá-lo com compressão ou utilização de uma bomba de vácuo.

### 5.4 Ultracentrifugação

Por meio de ultracentrifugação, pode-se “assentar” as partículas coloidais e separá-las da solução verdadeira. Em seguida, pela adição de solvente puro e agitação, pode-se obter uma solução coloidal mais pura.

### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

01. (OSEC) Em relação às afirmações:

- I. Sol é uma dispersão coloidal na qual o dispersante e o disperso são sólidos.
- II. Gel é uma dispersão coloidal na qual o dispersante é sólido e o disperso é líquido.
- III. A passagem de sol para gel é chamada pectização.
- IV. A passagem de gel a sol é chamada peptização.

São corretas as afirmações:

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| (A) I e II.      | (D) II, III e IV. |
| (B) II e III.    | (E) Todas.        |
| (C) I, III e IV. |                   |

02. O ponto isoelétrico de um colóide é medido através:

- |                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| (A) do pH.       | (C) da concentração.       |
| (B) da adsorção. | (D) nenhuma das respostas. |

03. (UNICAMP) Hoje em dia, com o rádio, o computador e o telefone celular, a comunicação entre pessoas à distância é algo quase que “banalizado”. No entanto, nem sempre foi assim. Por exemplo, algumas tribos de índios norte-americanas utilizavam códigos com fumaça produzida pela queima de madeira para se comunicarem à distância.

A fumaça é visível devido à dispersão da luz que sobre ela incide. Considerando que a fumaça seja constituída pelo conjunto de substâncias emitidas no processo de queima da madeira, quantos “estados da matéria” ali estão presentes? Justifique.

**04. (Olimpíada catarinense de Química)** Considere o quadro a seguir:

Propriedade	Mistura A	Mistura B	Mistura C
Natureza da molécula	Átomos, íons ou pequenas moléculas	Macromoléculas ou grupo de moléculas	Partículas visíveis a olho nu
Efeito da gravidade	Não sedimenta rapidamente	Não sedimenta	Sedimenta
Uniformidade	Homogênea	Não tão homogênea	Heterogênea
Separabilidade	Não pode ser separada por filtração	Pode ser separada somente por membranas especiais	Pode ser separada por papel de filtro

Logo, podemos afirmar que:

- (A) A é uma solução; B é uma dispersão grosseira e C é uma dispersão coloidal.  
 (B) A é uma dispersão grosseira; B é uma dispersão coloidal e C é uma solução.  
 (C) A é uma dispersão coloidal; B é uma solução e C é uma dispersão grosseira.  
 (D) A é uma dispersão coloidal; B é uma dispersão grosseira e C é uma solução.  
 (E) A é uma solução; B é uma dispersão coloidal e C é uma dispersão grosseira.

**05. (UCSAL)** Qual das misturas abaixo exemplifica uma dispersão coloidal?

- (A) Soro fisiológico. (D) Água sanitária.  
 (B) Ácido muriático. (E) Álcool hidratado.  
 (C) Leite pasteurizado.

**06. (UFTM)** A nanotecnologia e as nanociências contemplam o universo nanométrico, no qual a dimensão física é representada por uma unidade igual a  $10^{-9}$  m. O emprego da nanotecnologia tem trazido grandes avanços para a indústria farmacêutica e de cosmético. As nanopartículas são, contudo, velhas conhecidas, uma vez que nas dispersões coloidais elas são as fases dispersas. Analise as combinações abaixo:

	Fase dispersa	Fase dispersante
I	gás	gás
II	líquido	líquido
III	sólido	sólido
IV	gás	líquido
V	sólido	gás

Podem constituir dispersões coloidais apenas:

- (A) II e IV.  
 (B) I, II e III.  
 (C) I, IV e V.  
 (D) I, II, IV e V.

**07. (UNESP)** Soluções ou dispersões coloidais são misturas heterogêneas nas quais a fase dispersa é denominada disperso ou coloide. Quando uma solução coloidal, constituída por coloides líofílos, é submetida a um campo elétrico, é correto afirmar que:

- (A) as partículas coloidais não conduzem corrente elétrica.  
 (B) as partículas coloidais irão precipitar.  
 (C) as partículas coloidais não irão migrar para nenhum dos polos.  
 (D) todas as partículas coloidais irão migrar para o mesmo polo.  
 (E) ocorre a eliminação da camada de solvatação das partículas coloidais.

**08. (UFPA)** A diminuição da eficiência dos faróis de um automóvel na neblina está intimamente relacionada com:

- (A) o movimento browniano.  
 (B) a diálise.  
 (C) o efeito Tyndall.  
 (D) a eletroforese.  
 (E) a adsorção de carga elétrica.

**09. (ITA)** Em um recipiente contendo dois litros de água acrescentam-se uma colher de sopa de óleo de soja e 5 (cinco) gotas de um detergente de uso caseiro. É correto afirmar que, após a agitação da mistura:

- (A) deve resultar um sistema monofásico.  
 (B) pode se formar uma dispersão coloidal.  
 (C) obtém-se uma solução supersaturada.  
 (D) a adição do detergente catalisa a hidrólise do óleo de soja.  
 (E) o detergente reage com o óleo, formando espécies de menor massa molecular.

## EXERCÍCIOS NÍVEL 2

**01.** O efeito Tyndall será observado principalmente em:

- (A) uma solução. (D) um solvente.  
 (B) um sol. (E) uma suspensão.  
 (C) um gel.

**02. (UERJ)** A eletroforese, um método de separação de proteínas, utiliza um suporte embebido em solução salina, no qual é estabelecida uma corrente elétrica contínua. Uma proteína colocada sobre o suporte pode migrar para um dos dois polos do gerador. A velocidade de migração das moléculas da proteína será tanto maior quanto maiores forem a carga elétrica de suas moléculas e a intensidade da corrente.

A carga elétrica da proteína resulta do grau de ionização de seus grupos carboxila ou amina livres e depende das diferenças existentes entre o pH do meio que embebe o suporte e o ponto isoelétrico (pI) da proteína. Quanto maior o pH do meio em relação ao pI, mais predomina a ionização da carboxila sobre a da amina e vice-versa.

O pI é definido como o pH do meio onde a carga da proteína é nula.

Os pontos isoelétricos das proteínas W, X, Y e Z estão relacionados na tabela a seguir.

Proteína	pI
W	8,3
X	9,2
Y	7,7
Z	6,2

Estas proteínas foram separadas por um sistema de eletroforese no qual o pH do meio que embebia o suporte era de 8,6.

A proteína que migrou com menor velocidade em direção ao polo positivo foi a identificada pela seguinte letra:

- (A) W.
- (B) X.
- (C) Y.
- (D) Z.

**03. (UFTM)** Receita de preparação de um coloide:

Coloque duas gemas de ovo, sal e suco de limão num liquidificador. Com o aparelho ligado, vá acrescentando óleo vegetal vagarosamente, até a maionese adquirir consistência cremosa.

Os coloides estão presentes em diversos alimentos e em inúmeras situações de nossa vida diária.

Quanto às propriedades dos coloides, analise as seguintes afirmações:

- I. Na dispersão coloidal lífoba, se a fase dispersante for a água, a dispersão coloidal é denominada hidrófila.
- II. O efeito Tyndall é o efeito de dispersão da luz, pelas moléculas do dispersante.
- III. Quando uma solução coloidal é submetida a um campo elétrico, se as partículas caminham para o polo negativo, o fenômeno é denominado cataforese.
- IV. Um dos fatores que contribuem para a estabilidade dos coloides é que as partículas possuem cargas do mesmo sinal, repelindo-se e evitando a aglomeração ou precipitação.

As afirmações corretas são:

- (A) I, II e III, apenas.
- (B) II e III, apenas.
- (C) II, III e IV, apenas.
- (D) II e IV, apenas.
- (E) III e IV, apenas.

**04.** A revista *Veja*, edição 1447 de junho de 1996, publicou um artigo denominado “Tragédia da indiferença” com o seguinte destaque: “Indiferente e conformado, o país assiste à morte em sequência das vítimas da hemodiálise em Caruaru. O número de mortos já chegou a 52, mas a tragédia não comove o povo nem perturba as autoridades”. Quando uma dispersão coloidal encontra-se contaminada por impurezas altamente solúveis, utiliza-se o processo de diálise para purificá-la. Esse processo baseia-se na diferença de velocidade com que ocorre a difusão de uma solução e de uma dispersão coloidal através de uma membrana permeável ou semipermeável. O sangue pode ser considerado uma dispersão coloidal e o rim, o órgão responsável pela purificação do sangue. Um rim sadio filtra o sangue e remove os produtos residuais das reações que ocorrem no organismo. As disfunções renais levam à uremia, que é a retenção no sangue de substâncias normalmente eliminadas na urina (condição que pode ser fatal). Para fazer o trabalho dos rins, utiliza-se a hemodiálise que remove estas substâncias tóxicas deixando-as difundir para fora do sangue por meio da diálise. O estoque de sangue do paciente é conectado por tubulações a uma máquina que atua como rim artificial. Esse dispositivo contém uma membrana semipermeável, sob forma de serpentina ou folhas paralelas. O sangue flui por um lado da membrana, enquanto uma solução de diálise adequada o contacta pelo outro lado. Produtos residuais do sangue, tais como ureia e creatinina, difundem para essa solução, que é depois descartada. Não seria necessário dizer que a água utilizada na solução de diálise precisa ser tratada dentro de normas preestabelecidas, mas não foi o que ocorreu no Instituto de Doenças

Renais de Caruaru. A contaminação da solução de diálise por uma toxina denominada *Microcystina LR*, liberada por algas encontradas em reservatórios de água não tratada, matou muitas pessoas, desestruturou famílias e reforçou uma certeza: se não forem tomadas atitudes sérias e urgentes para sanar os problemas da saúde pública, ficaremos à mercê de que uma tragédia como esta nos atinja a qualquer momento.

- a. Às vezes a eletrodialise é usada no lugar da diálise para purificar uma dispersão coloidal. Indique a diferença entre esses dois processos.
- b. Comente dois outros processos que podem ser utilizados para purificar dispersões coloidais.

**05. (UFTM)** Uma solução coloidal é uma dispersão cujas partículas dispersas têm tamanho médio entre 1 e 100 nm. Quanto aos sistemas coloidais, é correto afirmar que:

- (A) as partículas dispersas nos coloides moleculares são agregadas de átomos, e nos coloides iônicos são agregadas de íons.
- (B) pectização é o nome dado ao processo que ocorre quando se adiciona um dispersante na fase gel, resultando a fase sol.
- (C) adsorção é a retenção de moléculas e de íons na superfície do dispersante.
- (D) movimento Tyndall é o movimento em ziguezague das partículas coloidais, observado em ultramicroscópio, que decorre dos choques entre partículas coloidais e moléculas do dispersante.
- (E) coloides líofílicos apresentam propriedades físicas bastante diferentes quando comparadas com o dispersante puro; por exemplo, a goma-arábica torna a água mais densa.

**06. (ITA)** Durante a utilização de um extintor de incêndio de dióxido de carbono, verifica-se formação de um aerossol esbranquiçado e também que a temperatura do gás ejetado é consideravelmente menor do que a temperatura ambiente.

Considerando que o dióxido de carbono seja puro, assinale a opção que indica a(s) substância(s) que torna(m) o aerossol visível a olho nu.

- (A) Água no estado líquido.
- (B) Dióxido de carbono no estado líquido.
- (C) Dióxido de carbono no estado gasoso.
- (D) Dióxido de carbono no estado gasoso e água no estado líquido.
- (E) Dióxido de carbono no estado gasoso e água no estado gasoso.

O texto a seguir, retirado de um livro de receitas, refere-se às questões 6, 7, 8 e 9.

“Misture gema de ovo com suco de limão num liquidificador em velocidade baixa. A seguir, adicione lentamente óleo à mistura inicial. Após o término da adição, deixe o liquidificador funcionando por mais 2 ou 3 minutos. Posteriormente coloque uma pequena quantidade do coloide obtido num pedaço de pão ou biscoito e experimente.”

**07.** O coloide citado pode ser classificado quanto ao estado físico como:

- (A) sol.
- (B) gel.
- (C) névoa.
- (D) emulsão.

**08.** Qual o nome comercial do produto obtido? (Caso julgue necessário, “produza” a receita em casa.)

- (A) geleia.
- (B) mostarda.
- (C) azeite.
- (D) maionese.

**09.** Ao identificar o disperso e o dispersante do coloide formado, encontramos respectivamente:

- (A) gema do ovo e suco de limão.
- (B) óleo e suco de limão.
- (C) suco de limão e gema do ovo.
- (D) gema de ovo e óleo.

**10.** Considerando a substância (entre as citadas na questão anterior) que não é classificada como disperso ou dispersante podemos, afirmar que ela funciona como:

- (A) solvente.
- (B) membrana.
- (C) coloide protetor.
- (D) coagulante.

### EXERCÍCIOS NÍVEL 3

**01. (MED-GB)** Um ultramicroscópio é um tipo particular de microscópio em que imagens são projetadas através de uma iluminação:

- (A) que incide obliquamente formando um “campo escuro”.
- (B) por feixe de elétrons, sobre um ecran fluorescente.
- (C) um feixe de fótons, incidindo sobre uma placa fotográfica.
- (D) acoplada de uma ampola de Crookes.
- (E) em campo eletromagnético de alta tensão.

**02. (MED-GB)** Uma membrana dialisadora pode ser preparada com:

- (A) papel celofane.
- (B) coloide.
- (C) papel de filtro Wheatman nº 1.
- (D) membrana de ferrocianeto cúprico.
- (E) saco linfático de Bufomarinus.

**03.** Numa dispersão coloidal do tipo gel, as fases disperso e dispersante se distribuem uniformemente uma na outra e as partículas do disperso formam filamentos finos que mantêm a fase dispersante em uma estrutura semir-rígida. Essa estrutura tridimensional imposta pelas partículas do

disperso em alguns géis pode ser temporariamente rompida pela aplicação de força ou agitação. Tal gel, em seguida, se reverte a sol, podendo fluir livremente. Mantido sem perturbação, o gel volta a se reconstituir. Este fenômeno é conhecido por tixotropia. Algumas tintas são géis tixotrópicos; elas são densas e viscosas na lata, tornam-se aparentemente “líquidas” quando se mergulha um pincel em seu interior, engrossam sobre o pincel, diminuindo o gotejamento, liquefazendo-se quando pintadas sobre uma parede ou tela, de modo a correr suavemente, e tornam-se viscosas, uma vez mais, na superfície pintada, onde secam sem escorrimento ou gotejamento. Alguns géis que não são tixotrópicos também podem ser transformados em sol e vice-versa. Explique em que condições isso ocorre, como é feito e como é denominado cada um desses processos.

**04. (ITA)** Em relação a misturas de substâncias preparadas e mantidas num laboratório de química são feitas as seguintes afirmações:

- I. O líquido resultante da adição de metanol a etanol é monofásico e, portanto, é uma solução.
- II. O líquido transparente que resulta da mistura de carbonato de cálcio e água e que sobrenada o excesso de sal sedimentado é uma solução saturada.
- III. O líquido turvo que resulta da mistura de hidróxido de sódio e solução aquosa de nitrato cúprico é uma suspensão de um sólido em um líquido.
- IV. A fumaça branca que resulta da queima de magnésio ao ar é uma solução de vapor de óxido de magnésio em ar.
- V. O líquido violeta e transparente que resulta da mistura de permanganato de potássio com água é uma solução.

Destas afirmações, está(ao) **incorreta(s)** apenas:

- (A) I.
- (B) II.
- (C) IV.
- (D) II e V.
- (E) II, III e V.

### RASCUNHO

## 1. Pressão de vapor

Um líquido contido em um recipiente fechado estabelece um equilíbrio dinâmico entre a evaporação e a condensação. Nessas condições, a pressão de vapor sobre o líquido é a pressão de vapor de equilíbrio, conhecida simplesmente como “pressão de vapor”.

No ponto de ebulição, a pressão de vapor de um líquido é igual à pressão externa. O calor molar de vaporização de um líquido, isto é, a energia necessária para evaporar um mol de líquido, pode ser determinado ao se medir a pressão de vapor de um líquido em função da temperatura e com a equação de Clausius-Clapeyron. O calor molar de fusão de um sólido é a energia necessária para fundir um mol de sólido.

Para cada substância há uma temperatura, denominada temperatura crítica, acima da qual não é possível liquefazer sua fase gasosa.

As relações entre as fases de uma só substância se representam por meio de um diagrama de fases, em que cada região representa uma fase pura e os limites das regiões mostram as temperaturas e pressões nas quais duas fases estão em equilíbrio. No ponto triplo, as três fases estão em equilíbrio.

## 2. Diagrama de fases

As relações completas entre as fases sólida, líquida e de vapor podem ser representadas de forma mais adequada se utilizarmos um gráfico conhecido como **diagrama de fases**, normalmente expresso em um eixo cartesiano com duas variáveis de estado: pressão e temperatura.

Conceitos fundamentais:

- I. **Ponto de ebulição normal** – é a temperatura na qual a pressão de vapor do líquido é 1 atm. Líquido e seu vapor em equilíbrio na linha líquido-vapor.
- II. **Ponto triplo** – sólido, líquido e vapor (ou três fases e/ou estados alotrópicos) estão em equilíbrio. Por definição: para a água, a temperatura do ponto triplo é 273,16 K (0,01°C). A pressão é 4,585 torr.
- III. **Ponto de fusão** de um sólido a uma dada pressão  $P$  é a temperatura na qual sólido e líquido estão em equilíbrio para a dada pressão, na linha sólido-líquido.

**Obs.:** Para uma substância pura, o ponto de congelamento de um líquido é o mesmo, a uma dada pressão, que o ponto de fusão do seu sólido.

- IV. Toda substância possui uma **temperatura crítica**, temperatura em que acima dela a fase gasosa não se pode liquefazer independentemente da magnitude da pressão que se aplique. Essa temperatura é também a mais alta temperatura na qual uma substância pode existir na forma líquida. Acima da temperatura crítica não há uma distinção fundamental entre líquido e gás: simplesmente se tem um fluido.

A **pressão crítica** é a mínima pressão que se deve aplicar para iniciar a liquefação na temperatura crítica. A existência da temperatura crítica pode se explicar de maneira qualitativa da seguinte forma: a atração intermolecular é uma quantidade finita para qualquer substância dada e é independente da temperatura. Em temperaturas menores, essa força é

suficiente para manter unidas as moléculas (com uma pressão apropriada) em um líquido. Acima de  $T_c$ , o movimento molecular se torna tão energético que as moléculas conseguem se livrar das forças intermoleculares.

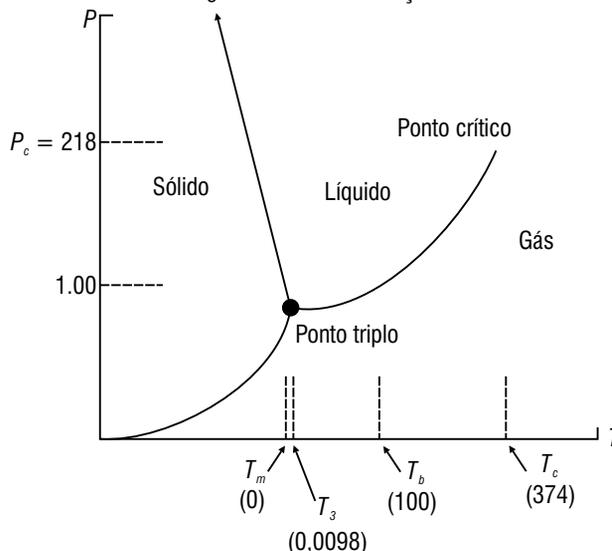


Diagrama de fases da água

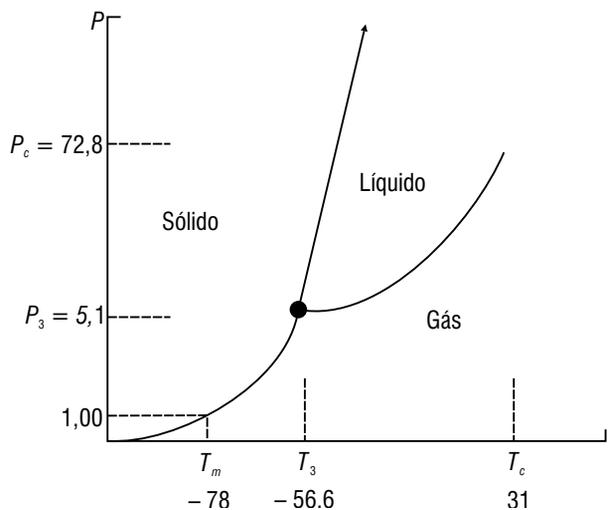


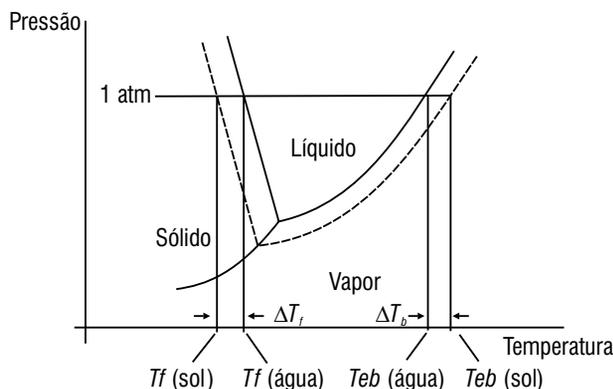
Diagrama de fases do  $\text{CO}_2$

## 3. Diagrama de fases para uma solução

Quando temos uma solução, ou seja, soluto dissolvido em um solvente, a presença do soluto vai alterar algumas propriedades do solvente (em relação ao solvente puro). A essas propriedades damos o nome de **propriedades coligativas**.

As propriedades coligativas são propriedades que dependem do número de partículas dissolvidas na solução (concentração), independentemente da natureza dessas partículas. São elas: tonoscopia, ebulioscopia, crioscopia e osmoscopia.

A adição de um soluto não volátil altera a entropia do sistema soluto + solvente, o que leva a uma modificação do diagrama de fases do solvente puro, alterando a pressão de vapor, a temperatura de ebulição e a fusão do solvente quando em solução, ocasionando o que se denomina propriedades coligativas.



## 4. Tonoscopia

É o abaixamento da pressão máxima de vapor de um solvente puro ( $P_0$ ) provocado pela dissolução de um soluto não volátil em temperatura constante.

### 4.1 Lei de Raoult

O cientista francês François-Marie Raoult observou que a pressão de vapor de um solvente é diretamente proporcional à sua fração molar em uma solução. Ou seja:

$$P_v = X_{\text{solvente}} \times P_0$$

Em que:

- $P_v$  → pressão de vapor da solução;
- $X_{\text{solvente}}$  → fração molar do solvente;
- $P_0$  → pressão de vapor do solvente puro.

Outra maneira de olhar para a lei de Raoult é:

$$P_v = X_{\text{solvente}} \times P_0 = (1 - X_{\text{solute}}) \times P_0 \rightarrow P_v - P_0 = \Delta P = -X_{\text{solute}} \times P_0$$

Desse modo, fica claro que, ao acrescentarmos soluto, a pressão de vapor do líquido diminui.

**Obs. 1:** A lei de Raoult não é válida para qualquer concentração de soluto; ela só é válida para soluções ideais, isto é, em que as interações soluto-soluto, solvente-solvente e soluto-solvente são todas iguais. Quanto mais diluída, mais uma solução real se aproxima da idealidade. Para concentrações inferiores a 0,1 M, soluções de não eletrólitos fornecem uma aproximação razoável para o nosso propósito; já soluções de eletrólitos, em que a força eletromagnética influencia mais, concentrações inferiores a 0,01 M servem a nosso propósito.

**Obs. 2:** “Para soluções diluídas de soluto não volátil e não iônico, o abaixamento relativo da pressão máxima de vapor da solução é diretamente proporcional à molalidade da solução.”

$$\frac{\Delta P}{P_0} = K_t \times W$$

$K_t$  = constante tonoscópica  
 $W$  = molalidade da solução

Em que:

$$K_t = \frac{M_2}{1.000} e W = \frac{1.000 m_1}{m_2 m_1}$$

### EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** A pressão máxima de vapor da água pura, a 20°C, é de 17,54 mmHg. Dissolvendo-se 36 gramas de glicose (massa molecular = 180 g) em 500 g de água, quais serão os abaixamentos absoluto e relativo da pressão de vapor?

**Solução:**

– Cálculo de  $K_t$ :

$$K_t = \frac{M_2}{1.000} = \frac{18}{1.000} = 0,018$$

– Cálculo de  $W$ :

$$W = \frac{1.000 m_1}{M_1 m_2} = \frac{1.000 \cdot 36}{180 \cdot 500} = 0,4$$

Portanto:

$$\frac{\Delta P}{P_0} = 0,018 \cdot 0,4 = 0,0072 = 0,72\% \text{ (abaixamento relativo).}$$

Assim:

$$\Delta P = 0,0072 P_0 = 0,0072 \cdot 17,54 = 0,127 \text{ mmHg.}$$

$$P_0 - P = 0,127 \Rightarrow P = 17,41 \text{ mmHg.}$$

## 5. Ebulioscopia

É a elevação da temperatura de ebulição do solvente puro, provocada pela dissolução de um soluto não volátil sob pressão constante. Um solvente só entra em ebulição quando a pressão máxima de seus vapores for igual à pressão externa do meio ambiente.

A elevação do ponto de ebulição de um líquido provocada pela presença de um soluto não volátil (efeito ebulioscópico) é diretamente proporcional à molalidade da solução.

$$\Delta T_e = T - T_0$$

$$\Delta T_e = K_e \cdot W$$

$K_e$  = constante ebulioscópica

$W$  = molalidade da solução

Em que:

$$K_e = \frac{RT^2}{1.000 \times L_v}$$

Sendo:  $R = 2 \text{ cal/K} \cdot \text{mol}$

$L_v$  = calor latente de vaporização do solvente puro (cal/g)

**EXERCÍCIOS RESOLVIDOS**

**02** Dissolvendo-se 20 g de sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), 8 g de glicerina ( $C_3H_8O_3$ ) e 2 g de glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ) em 800 g de água, pergunta-se: qual o ponto de ebulição da solução? (Constante ebuliométrica da água = 1,86)

**Solução:**

Cálculo de  $W$  (para cada uma das substâncias):

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3$$

$$W_1 = \frac{1.000 \cdot 20}{342 \cdot 800} = 0,0731W$$

$$W_2 = \frac{1000 \cdot 8}{92 \cdot 800} = 0,1087W$$

$$W_3 = \frac{1000 \cdot 2}{180 \cdot 800} = 0,0139W$$

$$W_t = 0,196W$$

Assim:

$$\Delta T = K_c \cdot W = 1,86 \cdot 0,196 = 0,36^\circ C.$$

## 6. Criometria

A criometria é o estudo do abaixamento da temperatura de congelamento de um líquido, provocado pela dissociação de outra substância.

“Para soluções diluídas de soluto não volátil e não iônico, o abaixamento da temperatura de congelamento da solução ( $\Delta T_c$ ) é diretamente proporcional à molalidade da solução.”

$$\Delta T_c = T_0 - T$$

$$\Delta T_c = K_c \times W$$

$K_c$  = constante crioscópica  
 $W$  = molalidade da solução

$$\text{Em que: } K_c = \frac{RT^2}{1.000 \times L_f}$$

Sendo:  $R = 2 \text{ cal/K} \cdot \text{mol}$

$L_f$  = calor latente de fusão do solvente puro (cal/g)

**EXERCÍCIOS RESOLVIDOS**

**03** Dissolvendo-se 2,0 g de um composto X em 60,0 g de um líquido cuja temperatura de solidificação é de  $27^\circ C$  e cujo calor latente de fusão é igual a 60 cal/g, verificou-se que a temperatura de solidificação da solução era igual a  $26^\circ C$ . Qual o peso molecular do composto X?

**Solução:**

Calculando a constante  $K_c$ :

$$K_c = \frac{RT^2}{1.000L_f} = \frac{2 \cdot 300^2}{1.000 \cdot 60} = 3$$

**03** Dissolvendo-se 2,0 g de um composto X em 60,0 g de um líquido cuja temperatura de solidificação é de  $27^\circ C$  e cujo calor latente de fusão é igual a 60 cal/g, verificou-se que a temperatura de solidificação da solução era igual a  $26^\circ C$ . Qual o peso molecular do composto X?

**Solução:**

Calculando a constante  $K_c$ :

$$K_c = \frac{RT^2}{1.000L_f} = \frac{2 \cdot 300^2}{1.000 \cdot 60} = 3$$

## 7. Osmometria 1

A osmose, sem dúvidas, é a propriedade coligativa que mais influi no nosso dia a dia. Mas o que é exatamente a osmose?

É a passagem de solvente através de uma membrana semipermeável (que não permite a passagem de soluto, mas a de solvente sim) de um meio mais concentrado (hipertônico) para um menos concentrado (hipotônico), até que se estabeleça o equilíbrio das concentrações e os meios se tornem isotônicos.

Imagine agora duas colunas d’água à mesma altura, a princípio, pois estão submetidas à mesma pressão atmosférica e separadas por uma membrana semipermeável.

Adicionando-se soluto a uma das colunas, interferimos no equilíbrio de concentrações e a água do recipiente menos concentrado começará a fluir para o recipiente mais concentrado. Isso faz com que o nível de água se desequilibre e uma das colunas fique mais alta que a outra.

Naturalmente, surge uma pressão tentando impedir esse fluxo de água de uma das partes para a outra; caso contrário, a água fluiria indefinidamente. Essa pressão denomina-se pressão osmótica e é calculada por:

$$\pi = MRT$$

**Obs.:** Tendo-se duas soluções, à mesma temperatura, com pressões osmóticas  $\pi_A$  e  $\pi_B$ , dizemos que:

- a solução A é **hipertônica** em relação à solução B, quando  $\pi_A > \pi_B$ ;
- a solução A é **isotônica** em relação à solução B, quando  $\pi_A = \pi_B$ .
- a solução A é **hipotônica** em relação à solução B, quando  $\pi_A < \pi_B$ .

**EXERCÍCIOS RESOLVIDOS**

**04** Uma solução contendo 9 g de glicose (massa molecular = 180 g) em 200 mL de solução é isotônica a uma solução de ureia (massa molecular = 60 g). Qual a concentração da solução de ureia?

**Solução:**

Cálculo da molaridade da glicose:

$$M = \frac{m}{M_{\text{molecular}} \cdot V} = \frac{9}{180 \cdot 0,2} = 0,25 \text{ mol/L}$$

Sendo as soluções isotônicas, temos que elas apresentaram a mesma pressão osmótica; como a temperatura é a mesma, temos que as concentrações molares devem ser as mesmas.

Cálculo da concentração da ureia:

$$C = M \cdot M_{\text{molecular}} = 0,25 \cdot 60 = 15 \text{ g/L.}$$

## 8. Propriedades coligativas em soluções iônicas

Os efeitos coligativos são mais acentuados nas soluções iônicas do que nas moleculares; isso ocorre devido à dissociação iônica.

Fator de correção de Van't Hoff ( $i$ ): É um número que, multiplicando o efeito molecular (efeito coligativo), é capaz de torná-lo igual ao efeito produzido pela substância iônica. Deve ser utilizado porque substâncias iônicas se dissociam em solução, aumentando o número de partículas em relação a uma solução de mesma concentração com soluto molecular.

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

- $q$  – Número de íons existentes na fórmula do ácido, da base ou do sal;
- $\alpha$  – Grau de ionização ( $\alpha$  = número de moléculas ionizadas sobre o número de moléculas dissolvidas).

**Ex.:**  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ( $\alpha = 90\%$ )  $\rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2 \text{OH}^- = 1$  carga positiva + 2 cargas negativas  $\Rightarrow q = 3$ .

$i = 1 + 0,9(3 - 1) = 2,8$ . Assim, o efeito coligativo dessa solução é 2,8 vezes mais intenso que o de outra solução de soluto molecular de mesma concentração.

### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (UFPE)** Considere uma solução contendo 17,1 g de sacarose ( $PM = 342$ ) em 180 g de água ( $PM = 18$ ). Qual será a pressão de vapor dessa solução, em atm, a  $20^\circ\text{C}$ ? (Dado:  $P_v$  da água a  $20^\circ\text{C} = 17,54$  mmHg.)

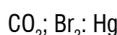
**02 (UNESP)** Foram preparadas quatro soluções aquosas de glicose (1), fosfato de sódio (2), cloreto de magnésio (3) e cloreto de sódio (4), todas de mesma concentração molar. A seguir, foram determinadas as pressões osmóticas dessas soluções por meio de um método conveniente. A ordem encontrada para as pressões osmóticas é:

- (A)  $1 < 4 < 3 < 2$ . (D)  $2 < 1 < 4 < 3$ .  
 (B)  $1 < 3 < 2 < 4$ . (E)  $4 < 3 < 2 < 1$ .  
 (C)  $3 < 1 < 4 < 2$ .

**03 (VUNESP)** A uma dada temperatura, possui a menor pressão de vapor a solução aquosa:

- (A) 0,1 mol/L de sacarose.  
 (B) 0,2 mol/L de sacarose.  
 (C) 0,1 mol/L de ácido clorídrico.  
 (D) 0,2 mol/L de ácido clorídrico.  
 (E) 0,1 mol/L de hidróxido de sódio.

**04 (ITA)** Qual das opções abaixo contém a sequência correta de ordenação da pressão de vapor saturante das substâncias seguintes, na temperatura de  $25^\circ\text{C}$ ?



- (A)  $p_{\text{CO}_2} > p_{\text{Br}_2} > p_{\text{Hg}}$ .  
 (B)  $p_{\text{CO}_2} \approx p_{\text{Br}_2} > p_{\text{Hg}}$ .  
 (C)  $p_{\text{CO}_2} \approx p_{\text{Br}_2} \approx p_{\text{Hg}}$ .  
 (D)  $p_{\text{Br}_2} > p_{\text{CO}_2} > p_{\text{Hg}}$ .  
 (E)  $p_{\text{Br}_2} > p_{\text{CO}_2} \approx p_{\text{Hg}}$ .

**05 (UFPE)** Foi observado que o cozimento de meio quilo de batatas em 1 litro de água é mais rápido se adicionarmos 200 gramas de sal à água de cozimento. Considere as seguintes possíveis explicações para o fato:

- A adição de sal provoca um aumento da temperatura de ebulição da água;
- a adição de sal provoca um aumento da pressão de vapor da água;
- o sal adicionado não altera a temperatura de ebulição da água, mas reage com o amido das batatas.

Está(ão) correta(s) a(s) explicação(ões):

- (A) I apenas. (D) I e II apenas.  
 (B) II apenas. (E) I, II e III.  
 (C) III apenas.

**06 (UFPE)** Uma solução é preparada pela dissolução de 1 g de etilenoglicol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ) em 200 g de água. Sabendo-se que a constante criométrica da água é de  $1,86^\circ\text{C}$  e que a temperatura de congelamento da água é de  $0^\circ\text{C}$ , qual a temperatura de congelamento da solução, em  $^\circ\text{C}$ ? (Dados: M.A.: C = 12; H = 1; O = 16.)

**07 (FGV)** Em países onde os invernos são rigorosos, coloca-se sobre o leito de ruas consideradas prioritárias ao trânsito uma mistura de sal ( $\text{NaCl}$ ), cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) e areia, para diminuir os riscos de derrapagens dos veículos, durante os períodos de nevascas. Cada um desses produtos tem uma função definida, que associadas são muito eficientes. Indique a afirmação correta.

- O sal abaixa o ponto de congelamento da água, o cloreto de cálcio, quando se dissolve, absorve calor, e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.
- O sal eleva o ponto de congelamento da água, o cloreto de cálcio, quando se dissolve, absorve calor, e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.
- O sal abaixa o ponto de congelamento da água, o cloreto de cálcio, quando se dissolve, libera calor, e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.
- O sal abaixa o ponto de congelamento da água, o cloreto de cálcio dissolve-se através de uma reação endotérmica, e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.
- O sal eleva o ponto de congelamento da água, o cloreto de cálcio dissolve-se através de uma reação endotérmica, e a areia aumenta a aderência dos pneus ao solo.

**08 (IME)** Uma solução contendo 0,994 g de um polímero, de fórmula geral  $(\text{C}_2\text{H}_4)_n$ , em 5,00 g de benzeno, tem ponto de congelamento  $0,51^\circ\text{C}$  mais baixo que o do solvente puro. Determine o valor de  $n$ . (Dado: Constante crioscópica do benzeno =  $5,10^\circ\text{C/molal}$ .)

**09 (UFMS)** Em meio aquoso, uma solução  $0,13 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  de glicose a  $-23^\circ\text{C}$  é isotônica de uma solução de cloreto de cálcio a  $27^\circ\text{C}$ . Sabendo-se que o fator de Van't Hoff ( $i$ ) é igual a  $[1 + \alpha(q - 1)]$  e que o grau de dissociação iônica do sal é de 80%, calcule a concentração em quantidade de matéria da solução de cloreto de cálcio. Para efeito de resposta, expresse o resultado em  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ , com dois algarismos significativos.

**10 (UFPI)** "In recognition of the extraordinary services he has rendered by the discovery of the laws of chemical dynamics and osmotic pressure in solutions". Esse foi o motivo do prêmio Nobel de:

- (A) Jacobus Henricus Van't Hoff.  
 (B) Hermann Emil Fischer.  
 (C) Svante August Arrhenius.  
 (D) Sir William Ramsay.  
 (E) Johann Friedrich Wilhelm Adolf von Baeyer.

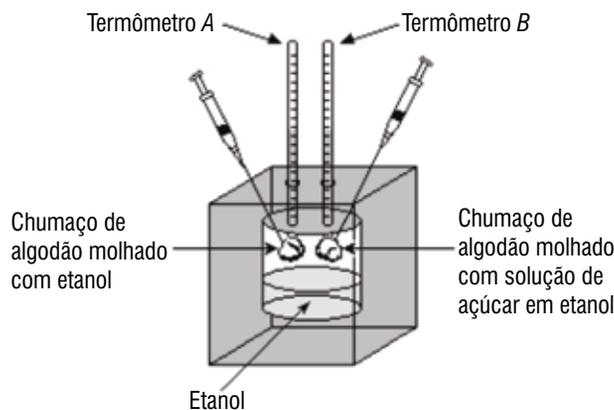
**11 (ITA)** Qual das opções a seguir contém a substância no estado sólido que, adicionada a 100 mL de água pura na temperatura de 25°C e em quantidade igual a 0,10 mol, produzirá uma solução aquosa com **maior** pressão osmótica?

- (A)  $Ag_2O$ .
- (B)  $Na_2O_2$ .
- (C)  $MgO$ .
- (D)  $Ba(OH)_2$ .
- (E)  $Al(OH)_3$ .

**12 (ITA)** Uma solução aquosa 0,15 mol/L de um ácido fraco HX é isotônica com uma solução aquosa 0,20 mol/L de glicose. Qual o grau de dissociação,  $\alpha = [X^-] / ([X^-] + [HX])$ , do HX na solução 0,15 mol/L?

- (A) 1/4.
- (B) 1/3.
- (C) 1/2.
- (D) 2/3.
- (E) 1.

**13 (UFMG)** Esta figura mostra dois termômetros – A e B –, cujos bulbos estão dentro de uma caixa fechada e isolada termicamente:



Os bulbos e os chumaços de algodão dos termômetros A e B estão em contato com a atmosfera saturada de vapor de etanol e todo o sistema está a 25°C.

Usando-se as seringas mostradas na figura, molha-se o chumaço de algodão preso no bulbo do termômetro A com etanol puro e, simultaneamente, o chumaço de algodão preso no bulbo do termômetro B com uma solução de açúcar em etanol.

- a. Indique se, no momento em que ambos os chumaços de algodão são molhados pelos respectivos líquidos, à mesma temperatura, a pressão de vapor do etanol no algodão do termômetro A é menor, igual ou maior que a pressão de vapor da solução no algodão do termômetro B. Justifique sua resposta.

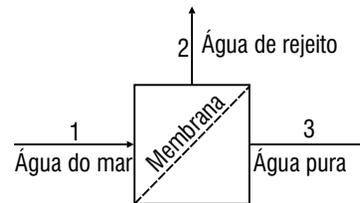
Depois de os chumaços terem sido molhados com os respectivos líquidos, observa-se um aumento da quantidade de líquido que molha o algodão no termômetro B.

- b. Indique se a temperatura no termômetro B diminui, permanece constante ou aumenta. Justifique sua indicação, comparando a velocidade de evaporação e condensação do solvente sobre o líquido no termômetro B.
- c. Indique se a temperatura do termômetro A, após ser molhado com etanol, diminui, permanece constante ou aumenta.

**14 (ITA)** Uma solução aquosa de NaCl é aquecida num recipiente aberto. Em relação a esse sistema, qual das afirmativas é **falsa**?

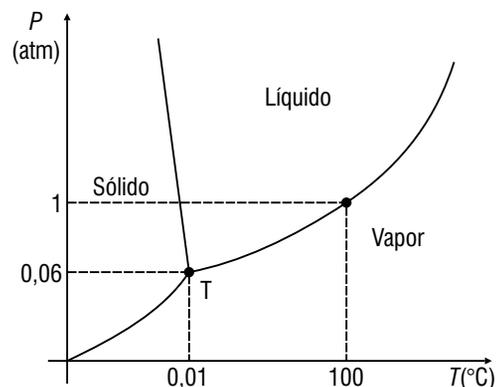
- (A) A solução entrará em ebulição quando a sua pressão de vapor for igual à pressão ambiente.
- (B) A molaridade da solução aumentará à medida que prosseguir a ebulição.
- (C) A temperatura de início de ebulição é maior do que a da água pura.
- (D) A temperatura da água aumenta à medida que a ebulição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

**15 (PUC)** Água potável pode ser obtida pelo bombeamento de água do mar contra uma membrana semipermeável que permite somente a passagem de parte da água, de acordo com o diagrama ao lado. Por esse processo, obtém-se uma corrente de água pura e outra de rejeito, concentrada em sal. Disponha as correntes aquosas 1, 2 e 3, em ordem crescente de temperaturas de congelamento e pressão atmosférica.



**16 (SF)** Com 2,28 g de  $As_2S_3$  e água destilada prepararam-se 100 mL de um sistema coloidal. A pressão osmótica desse coloide foi medida, encontrando-se um valor igual a 0,01 atm, sob temperatura de 27°C. Então, qual o número de moléculas de  $As_2S_3$  que constituem a micela do coloide? (Dados: M.A.: As = 75; S = 32.)

**17 (UCS-RS)** Inundações em bibliotecas podem levar ao encharcamento de livros antigos e raros. Um livro encharcado pode ser recuperado se for imediatamente colocado em um freezer à temperatura aproximada de -20°C e, após congelado, for submetido a vácuo. Considere o seguinte diagrama de fases da água.



Com base no texto e no diagrama, é correto afirmar que a recuperação de livros encharcados é possível porque a água, nessas condições:

- (A) passa por uma transformação química, produzindo  $H_2$  e  $O_2$  gasosos.
- (B) passa por uma transformação física denominada *sublimação*.
- (C) passa por uma transformação química denominada  *fusão*.
- (D) passa por uma transformação física denominada *evaporação*.
- (E) apresenta as três fases em equilíbrio.

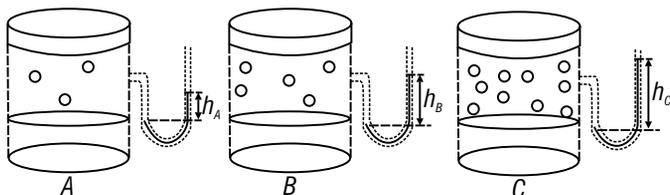
EXERCÍCIOS NÍVEL 2

**01 (VUNESP)** Isolou-se uma proteína de uma amostra de soro sanguíneo. Uma dispersão coloidal de 685 mg da referida proteína, em água suficiente para formar 10,0 mL de solução, tem uma pressão osmótica de 0,28 atm a 7°C. Considerando a proteína um composto covalente típico, qual a sua massa molecular, em g/mol?

**02 (ITA)** Qual das substâncias abaixo apresenta menor valor de pressão de vapor saturante na temperatura ambiente?

- (A)  $CCl_4$ .
- (B)  $CHCl_3$ .
- (C)  $C_2Cl_6$ .
- (D)  $CH_2Cl_2$ .
- (E)  $C_2H_5Cl$ .

**03 (UEM-PR)** Considere as figuras a seguir, a 25°C, e dê a soma da(s) alternativa(s) correta(s).



- 01. A 25°C, os três líquidos, A, B e C, possuem pressão de vapor diferentes, portanto possuem volatilidades diferentes.
- 02. Se forem adicionados 1 g de NaCl em C e 1 g de sacarose em B, a diferença entre  $h_B$  e  $h_C$  aumentará.
- 04. O líquido B é o mais volátil dentre os três líquidos.
- 08. O valor da pressão de vapor de cada um dos líquidos pode ser obtida por meio do respectivo valor de  $h$ , da densidade do líquido dentro do manômetro e do valor da aceleração da gravidade.
- 16. O líquido B deve ser menos polar que os líquidos A e C.
- 32. Caso se duplique o volume do recipiente B, na temperatura de 25°C, a pressão de vapor do líquido remanescente cairá à metade.
- 64. Se a densidade do líquido dentro dos manômetros diminuir, os valores de  $h_A$ ,  $h_B$  e  $h_C$  também diminuirão.

Soma: ( )

**04** Brometo de etileno e 1,2-dibromopropano formam uma série de soluções ideais, em toda a faixa de composição. A 85°C, as pressões de vapor desses dois líquidos puros são, respectivamente, 173 mmHg e 127 mmHg.

- a. Se 10 g de brometo de etileno são dissolvidos em 80 g de 1,2-dibromopropano, qual a pressão parcial de cada um deles e a pressão total da solução?
- b. Calcule a composição do vapor em equilíbrio com a solução citada, expressando-a em termos de fração molar de brometo de etila.

**05 (ITA)** Considere que sejam feitas as seguintes afirmações em relação à pressão de vapor saturante de líquidos e/ou sólidos:

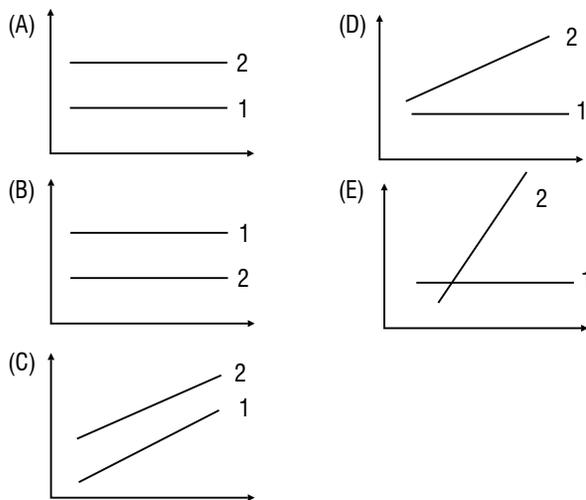
- I. As pressões de vapor da água líquida e do gelo têm o mesmo valor a  $-10^\circ C$ .
- II. Tanto a pressão de vapor de líquidos como a de sólidos aumentam com o aumento de temperatura.
- III. A pressão de vapor de um líquido depende das forças de interação intermoleculares.

- IV. No ponto triplo da água pura, a pressão de vapor do gelo tem o mesmo valor que a pressão de vapor da água líquida.
- V. A pressão de um vapor em equilíbrio com o respectivo líquido independe da extensão das fases gasosa e líquida.

Qual das opções abaixo se refere a todas as afirmações corretas?

- (A) I e II.
- (B) I e IV.
- (C) I, II, III e V.
- (D) II, III, IV e V.
- (E) I, II, III, IV e V.

**06 (FUVEST)** Duas panelas abertas contêm líquidos em contínua ebulição: a panela 1 tem água pura e a panela 2 tem água salgada. Qual dos gráficos abaixo melhor representa a variação de temperaturas dos líquidos em função do tempo?



**07 (UERJ)** O Mar Morto apresenta uma concentração salina de 280 g/L, enquanto nos demais mares e oceanos essa concentração é de 35 g/L. Considere as três amostras abaixo, admitindo que as soluções salinas apresentadas contêm os mesmos constituintes:

- amostra A: água pura;
  - amostra B: solução salina de concentração idêntica à do Mar Morto;
  - amostra C: solução salina de concentração idêntica à dos demais mares e oceanos.
- a. Indique a amostra que apresenta a maior temperatura de ebulição, justificando sua resposta.
  - b. Calcule o volume da amostra B a ser adicionado a 7 L da amostra A para formar uma nova solução salina que apresente a mesma concentração da amostra C.

**08 (ITA)** O abaixamento da temperatura de congelamento da água numa solução aquosa com concentração molal de soluto igual a  $0,100 \text{ mol kg}^{-1}$  é  $0,55^\circ C$ . Sabe-se que a constante crioscópica da água é igual a  $1,86^\circ C \text{ kg mol}^{-1}$ . Qual das opções abaixo contém a fórmula molecular correta do soluto?

- (A)  $[Ag(NH_3)]Cl$ .
- (B)  $[Pt(NH_3)_4Cl_2]Cl_2$ .
- (C)  $Na[Al(OH)_4]$ .
- (D)  $K_3[Fe(CN)_6]$ .
- (E)  $K_4[Fe(CN)_6]$ .

**09 (ITA)** Considere as seguintes soluções diluídas:

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

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

- (A)  $x = y = z = w$ . (D)  $x/1 = y/2 = z/2 = w/3$ .  
 (B)  $1x = 2y = 4z = 4w$ . (E)  $x/1 = y/2 = z/4 = w/4$ .  
 (C)  $1x = 2y = 2z = 3w$ .

**10 (PUC-SP)** A dissolução de 3 g de uma substância desconhecida em 100 g de  $\text{CCl}_4$  eleva o ponto de ebulição do  $\text{CCl}_4$  de  $0,60^\circ\text{C}$ . A constante ebuliométrica,  $K_e$ , de  $\text{CCl}_4$  vale  $5,03^\circ\text{C/molal}$ , enquanto a constante criométrica,  $K_c$ , vale  $31,8^\circ\text{C/molal}$  para o mesmo solvente. Para uma solução com a composição acima indicada, calcule:

- a. o abaixamento do ponto de congelamento do  $\text{CCl}_4$ .
- b. o peso molecular do soluto desconhecido.

**11 (ITA)** Considere as duas soluções aquosas seguintes, ambas à mesma temperatura :

- Solução I – Contém 1,0 milimol de glicose e 2,0 milimols de cloreto de cálcio,  $\text{CaCl}_2$ , por quilograma de água;
- Solução II – Contém apenas sulfato férrico dissolvido em água.

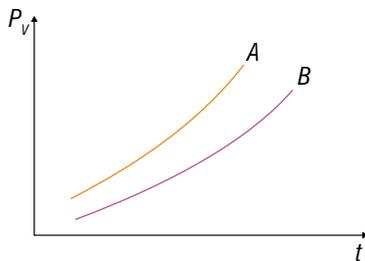
Supondo soluções ideais e eletrólitos completamente dissociados, as duas soluções terão os mesmos valores para as suas propriedades coligativas se a solução II contiver, por quilograma de água, a seguinte quantidade de  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ :

- (A) (6,0/5) milimol. (D) (7,0/5) milimol.  
 (B) (3,0/1) milimol. (E) (5,0 · 7) milimol.  
 (C) (4,0 · 5) milimol.

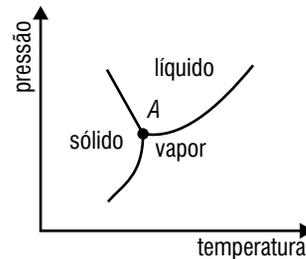
**12 (UERJ)** Para evitar alterações nas células sanguíneas, como a hemólise, as soluções utilizadas em alimentação endovenosa devem apresentar concentrações compatíveis com a pressão osmótica do sangue. Foram administradas a um paciente, por via endovenosa, em diferentes períodos, duas soluções aquosas, uma de glicose e outra de cloreto de sódio, ambas com concentração igual a  $0,31 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  a  $27^\circ\text{C}$ . Considere que:

- a pressão osmótica do sangue, a  $27^\circ\text{C}$ , é igual a  $7,62 \text{ atm}$ ;
- a solução de glicose apresenta comportamento ideal;
- o cloreto de sódio encontra-se 100% dissociado.

- a. Calcule a pressão osmótica da solução de glicose e indique a classificação dessa solução em relação à pressão osmótica do sangue.
- b. As curvas de pressão de vapor ( $P_v$ ) em função da temperatura ( $t$ ) para as soluções de glicose e de cloreto de sódio são apresentadas no gráfico anterior. Aponte a curva correspondente à solução de glicose.



**13 (UEG-GO)** Analise o gráfico abaixo, o qual representa o diagrama de fases da água, e julgue as afirmações posteriores.



- I. No ponto A, coexistem as fases sólida, líquida e gasosa da água.
- II. A posição do ponto triplo da água não sofrerá influência pela adição de um soluto não volátil.
- III. Espera-se que com o aquecimento, no vácuo, as partículas de gelo passem diretamente para a fase gasosa.

Assinale a alternativa correta:

- (A) Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.  
 (B) Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.  
 (C) Apenas as afirmações II e III são verdadeiras.  
 (D) Todas as afirmações são verdadeiras.

**14 (ITA – adaptada)** Um dos sistemas propelentes usados em foguetes consiste em uma mistura de hidrazina ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ) e peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Sabendo que o ponto triplo da hidrazina corresponde à temperatura de  $2,0^\circ\text{C}$  e à pressão de  $3,4 \text{ mmHg}$ , que o ponto crítico corresponde à temperatura de  $380^\circ\text{C}$  e à pressão de  $145 \text{ atm}$  e que na pressão de  $1 \text{ atm}$  as temperaturas de fusão e de ebulição são iguais a  $1,0$  e  $113,5^\circ\text{C}$ , respectivamente, pedem-se:

- a. um esboço do diagrama de fases da hidrazina para o intervalo de pressão e temperatura considerados neste enunciado.
- b. a indicação, no diagrama esboçado no item “a”, de todos os pontos indicados no enunciado e das fases presentes em cada região do diagrama.

**15 (ITA)** Na pressão de  $1 \text{ atm}$ , a temperatura de sublimação do  $\text{CO}_2$  é igual a  $195 \text{ K}$ . Na pressão de  $67 \text{ atm}$ , a temperatura de ebulição é igual a  $298 \text{ K}$ . Assinale a opção que contém a afirmação correta sobre as propriedades do  $\text{CO}_2$ .

- (A) A pressão do ponto triplo está acima de  $1 \text{ atm}$ .  
 (B) A temperatura do ponto triplo está acima de  $298 \text{ K}$ .  
 (C) A uma temperatura acima de  $298 \text{ K}$  e na pressão de  $67 \text{ atm}$ , tem-se que o estado mais estável do  $\text{CO}_2$  é o líquido.  
 (D) Na temperatura de  $195 \text{ K}$  e pressões menores do que  $1 \text{ atm}$ , tem-se que o estado mais estável do  $\text{CO}_2$  é o sólido.  
 (E) Na temperatura de  $298 \text{ K}$  e pressões maiores do que  $67 \text{ atm}$ , tem-se que o estado mais estável do  $\text{CO}_2$  é o gasoso.

**EXERCÍCIOS NÍVEL 3**

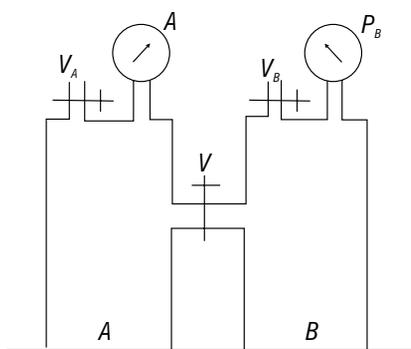
**01 (UFPA)** As pressões de vapor do hexano e do heptano puros a  $20^\circ\text{C}$  são, respectivamente,  $122 \text{ mmHg}$  e  $36 \text{ mmHg}$ . Supondo que uma solução com uma fração molar de  $0,40$  de hexano apresenta comportamento ideal, qual será a pressão total dessa mistura, em  $\text{mmHg}$ ?

**02 (ITA)** Dois frascos abertos, um contendo água pura líquida (frasco A) e o outro contendo o mesmo volume de uma solução aquosa concentrada em sacarose (frasco B), são colocados em um recipiente que, a seguir, é devidamente fechado. É correto afirmar, então, que, decorrido um longo período de tempo:

- (A) os volumes dos líquidos nos frascos A e B não apresentam alterações visíveis.
- (B) o volume do líquido no frasco A aumenta, enquanto o do frasco B diminui.
- (C) o volume do líquido no frasco A diminui, enquanto o do frasco B aumenta.
- (D) o volume do líquido no frasco A permanece o mesmo, enquanto o do frasco B diminui.
- (E) o volume do líquido no frasco A diminui, enquanto o do frasco B permanece o mesmo.

**03 (ITA)** Explique por que água pura exposta à atmosfera e sob pressão de 1,0 atm entra em ebulição a uma temperatura de 100°C, enquanto água pura exposta à pressão atmosférica de 0,7 atm entra em ebulição a uma temperatura de 90°C.

**04 (ITA)** A figura abaixo representa um sistema constituído por dois recipientes, A e B, de igual volume, que se comunicam através da válvula V. Água pura é adicionada ao recipiente A através da válvula  $V_A$ , que é fechada logo a seguir.



Uma solução aquosa 1,0 mol/L de NaCl é adicionada ao recipiente B através da válvula  $V_B$ , que também é fechada a seguir. Após o equilíbrio ter sido atingido, o volume de água líquida no recipiente A é igual a 5,0 mL, sendo a pressão igual a  $P_A$ ; e o volume de solução aquosa de NaCl no recipiente B é igual a 1,0 L, sendo a pressão igual a  $P_B$ . A seguir, a válvula V é aberta (tempo  $t = 0$ ), sendo a temperatura mantida constante durante todo o experimento.

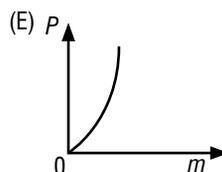
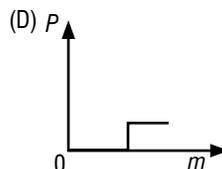
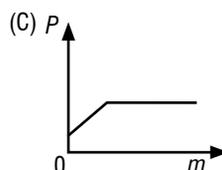
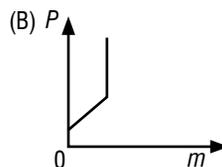
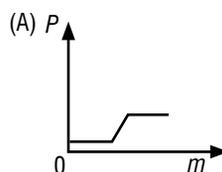
- a. Em um mesmo gráfico de pressão (ordenada) versus tempo (abscissa), mostre como varia a pressão em cada um dos recipientes, desde o tempo  $t = 0$  até um tempo  $t = \infty$ .
- b. Descreva o que se observa nesse experimento, desde tempo  $t = 0$  até  $t = \infty$ , em termos dos valores das pressões indicadas nos medidores e dos volumes das fases líquidas em cada recipiente.

**05 (ITA)** Descreva como se poderia determinar, experimentalmente, a pressão de vapor do etanol na temperatura de 30°C. Sua descrição deve incluir um esquema da aparelhagem que poderia ser utilizada.

**06 (ITA SP/1988)** Consideremos um recipiente de paredes inertes e indeformáveis. A capacidade desse recipiente é de aproximadamente 25 litros. Ele é provido de um manômetro absoluto e é mantido numa sala termostatada a 20°C. A única comunicação do recipiente com o exterior é feita através de um tubo provido de torneira. Inicialmente extraímos todo o ar contido no

recipiente com o auxílio de uma bomba de vácuo. Feito isso, introduzimos no recipiente, contínua e lentamente, água pura (isenta de ar) até um total de 40 g de água.

Qual dos gráficos abaixo descreve corretamente a variação da pressão no recipiente versus massa de água introduzida após evacuação prévia do recipiente?



**07 (ITA)** Algumas gotas de uma solução concentrada de ácido clorídrico foram adicionadas a 100 mL de uma solução aquosa de sacarose 0,10 mol/L. A solução resultante foi dividida em duas partes. A primeira foi imediatamente resfriada, anotando-se a temperatura  $T_1$  de início de solidificação. A segunda foi imediatamente colocada em banho-maria a 90°C, por um período de 24 horas. Após esse período, a segunda solução foi resfriada, anotando-se a temperatura  $T_2$  de início de solidificação. Considerando-se  $T_0$  a temperatura de solidificação da água pura, qual das opções abaixo está correta?

- (A)  $(T_0 - T_1) \cong (T_0 - T_2)$ .
- (B)  $(T_0 - T_1) \cong 2(T_0 - T_2)$ .
- (C)  $2(T_0 - T_1) \cong (T_0 - T_2)$ .
- (D)  $(T_1) \cong 2(T_2)$ .
- (E)  $2(T_1) \cong T_2$ .

**08 (ITA)** Considere um copo contendo 50 mL de água pura em ebulição, sob pressão ambiente. A temperatura de ebulição da água diminuirá significativamente quando a esse copo for(em) acrescentado(s):

- (A) 50 mL de água pura.
- (B) 50 mL de acetona
- (C) 1 colher de chá de isopor picado.
- (D) 1 colher de chá de sal de cozinha.
- (E) 4 cubos de água pura no estado sólido.

RASCUNHO

## Introdução

As propriedades físicas, como pontos de fusão, pontos de ebulição e solubilidade, em compostos orgânicos são determinadas com base nos mesmos critérios que utilizamos em compostos inorgânicos.

Tais critérios são: tipo de interação intermolecular, massa molecular e, para compostos orgânicos, número de ramificações na cadeia.

## Revisão dos tipos de interações intermoleculares

Tipo de interação	Força relativa	Espécies envolvidas
Íon-dipolo	Forte	Íons e moléculas polares
Dipolo-dipolo	Moderadamente forte	Moléculas polares
Dipolo-dipolo induzido	Muito fraca	Molécula polar e outra apolar
Dipolo instantâneo-dipolo induzido	Muito fraca*	Qualquer tipo de molécula, incluindo as apolares
Ligação de hidrogênio	Forte	Moléculas que possuem hidrogênio ligado a elemento bastante eletronegativo como F, N e O.

\*Em geral essas forças são fracas, mas, uma vez que aumentam com a superfície de contato entre as moléculas, podem se tornar intensas.

## Crítérios para comparação entre pontos de fusão e de ebulição

- Intensidade do tipo de interações intermoleculares para compostos com cadeias comparáveis;
- Massa Molar: Compostos de maior massa molar tendem a apresentar maiores pontos de fusão e de ebulição, desde que as intensidades das forças de interação intermolecular sejam similares;
- Número de ramificações da cadeia: Quanto mais ramificada for uma cadeia carbônica (sendo similares a massa molar dos compostos e intensidade das forças de interação intermolecular), menores tendem a ser os pontos de fusão e de ebulição.

## Solubilidade

Segue-se a regra que diz que substância polar é mais bem dissolvida por solvente polar e que substância apolar é mais bem dissolvida por solvente apolar.

Obs.:

- I. Monóis de até três átomos de carbono são completamente miscíveis na água;

- II. Sendo a cadeia carbônica apolar, quanto maior for a cadeia, menos solúvel em solventes polares será o composto;
- III. Embora haja uma polaridade considerável devido aos grupos funcionais da classe dos ésteres, os lipídios (ésteres derivados de ácidos graxos) não são solúveis em água.

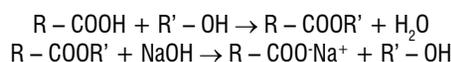
## Sabões e detergentes

A sujeira a ser removida é composta, em sua maioria, por óleos e gorduras que são obtidos a partir de ácidos graxos (ácidos carboxílicos de cadeia longa). Os sabões e detergentes tem a origem no mesmo tipo de substância (ácidos graxos) e essa semelhança na origem explica o tipo de interação que permite remover a sujeira pela ação dos sabões.

Sabões e detergentes são substâncias que apresentam em sua estrutura um grupamento polar (hidrofílico, hidrossolúvel ou lipofóbico) e também um grupamento apolar ou muito pouco polar (lipofílico, lipossolúvel ou hidrofóbico).

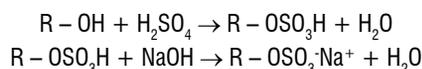
Trata-se de sais de ácidos carboxílicos ou sais de ácidos sulfônicos. A parte hidrossolúvel do sabão corresponde à ligação iônica que origina o sal e a parte lipossolúvel corresponde à cadeia longa do ácido.

Processo de obtenção de sabão:



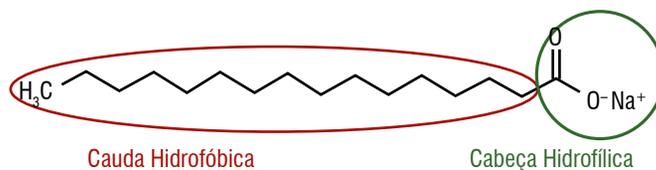
Quando o álcool utilizado é o glicerol, estaremos diante de um glicerídeo como produto da primeira etapa. A saponificação consiste na reação do glicerídeo com hidróxido de sódio.

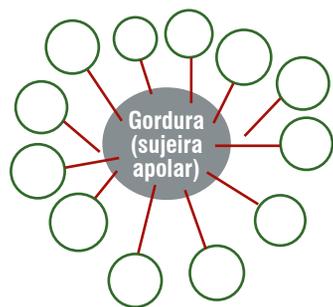
Processo de obtenção de detergente:



Podemos imaginar que uma mistura de água e óleo é heterogênea, mesmo que a agitemos. Ao gotejarmos detergente e agitarmos o sistema, formaremos uma emulsão. Isso ocorre, pois o detergente atua como um tensoativo, reduzindo a tensão superficial da água e facilitando a dispersão do óleo nela.

Dessa forma, a parte hidrossolúvel do sabão interage com as moléculas de água (solvatação dos íons presentes na molécula do sabão), enquanto a parte lipossolúvel interage com as moléculas de gordura.





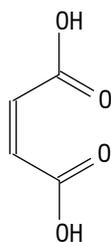
Micela



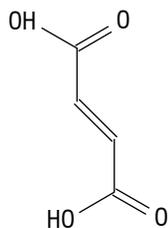
Micela Reversa

EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (UEPG PR – 2007)** Considere os seguintes compostos e assinale o que for correto:



(I)

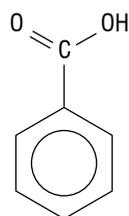


(II)

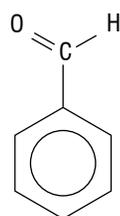
- (A) O composto I apresenta ponto de fusão mais elevado.
- (B) O composto II é totalmente solúvel em água.
- (C) No composto I, ocorrem forças intermoleculares mais intensas.
- (D) Os compostos apresentam isomeria ótica.
- (E) Se hidrogenados em condições adequadas, ambos os compostos formam o mesmo produto.

**02 (PUC-SP – 2007)** Foram determinadas as temperaturas de fusão e de ebulição de alguns compostos aromáticos encontrados em um laboratório. Os dados obtidos e as estruturas das substâncias estudadas estão apresentados a seguir.

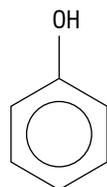
amostras	t de fusão (°C)	t de ebulição (°C)
1	-95	110
2	-26	178
3	43	182
4	122	249



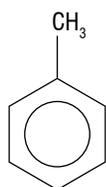
ácido benzoico



benzaldeído



fenol



tolueno

A análise das temperaturas de fusão e ebulição permite identificar as amostras 1, 2, 3 e 4, como sendo, respectivamente:

- (A) ácido benzoico, benzaldeído, fenol e tolueno.
- (B) fenol, ácido benzoico, tolueno e benzaldeído.
- (C) tolueno, benzaldeído, fenol e ácido benzoico.
- (D) benzaldeído, tolueno, ácido benzoico e fenol.
- (E) tolueno, benzaldeído, ácido benzoico e fenol.

**03 (ITA-SP – 2007)** Assinale a opção que indica a substância que, entre as cinco, apresenta a maior temperatura de ebulição à pressão de 1 atm:

- (A)  $H_3CCHO$
- (B)  $H_3CCOCH_3$
- (C)  $H_3CCONH_2$
- (D)  $H_3CCOOH$
- (E)  $H_3CCOOCH_3$

**04 (ITA-SP – 2007)** Realizaram-se testes de solubilidade de pequenas porções de compostos orgânicos constituídos de cinco átomos de carbono, denominados de A, B, C, D e E.

São fornecidos os seguintes resultados dos testes de solubilidade em vários solventes:

1. Os compostos A, B, C, D e E são solúveis em éter etílico.
2. Somente os compostos B, C e D são solúveis em água pura.
3. Somente os compostos B, C e E são solúveis em uma solução aquosa diluída de hidróxido de sódio.
4. Somente os compostos D e E são solúveis em uma solução aquosa diluída de ácido clorídrico.

Considere sejam feitas as seguintes identificações:

- I. O composto A é o n-pentano.
- II. O composto B é o 1-pentanol.
- III. O composto C é o propionato de etila.
- IV. O composto D é a pentilamina.
- V. O composto E é o ácido pentanoico.

Então, das identificações acima, estão **erradas**:

- (A) apenas I, II e IV.
- (B) apenas I, III e IV.
- (C) apenas II e IV.
- (D) apenas III e V.
- (E) apenas IV e V.

**05 (PUC-RS – 2006)** Pela análise do quadro, conclui-se que a ordem crescente dos pontos de ebulição dos compostos indicados é:

- I. *n*-pentano
- II. neopentano
- III. pentanol
- IV. 1,5-pentanodiol
- V. 2-cloro-2-metilpropano

- (A) I < II < III < IV < V.                      (D) III < IV < I < II < V.  
 (B) II < I < V < III < IV.                      (E) IV < III < V < I < II.  
 (C) II < V < I < III < IV.

**06 (UEG GO – 2006)** Chama-se ponte de hidrogênio ou ligação de hidrogênio a forte atração que se estabelece entre o hidrogênio e os átomos de elementos pequenos e com altas eletronegatividades, como, por exemplo, o flúor, o oxigênio e o nitrogênio. Considerando este assunto, responda ao que se pede:

- a. Represente as pontes de hidrogênio que existem entre moléculas de etanol, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH.
- b. Considerando as substâncias He, CCl<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e NaCl, indique em quais delas as forças de atração intermoleculares são devidas, principalmente, às ligações de Van der Waals? Justifique sua resposta.

**07 (UNIFESP-SP – 2006)** Solubilidade, densidade, ponto de ebulição (P. E.) e ponto de fusão (P. F.) são propriedades importantes na caracterização de compostos orgânicos. O composto 1,2-dicloroeteno apresenta-se na forma de dois isômeros, um com P.E. 60° C e outro com P.E. 48° C.

Em relação a esses isômeros, é correto afirmar que o isômero:

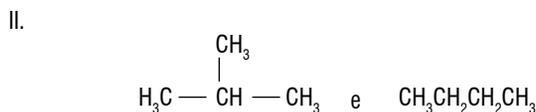
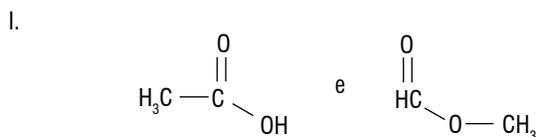
- (A) cis apresenta P. E. 60° C.
- (B) cis é o mais solúvel em solvente não polar.
- (C) trans tem maior polaridade.
- (D) cis apresenta fórmula molecular C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>.
- (E) trans apresenta forças intermoleculares mais intensas.

**08 (Efoa-MG – 2006)** A substância de fórmula molecular C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O que apresenta maior temperatura de ebulição é:

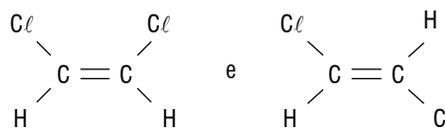
- (A) propan-1-ol.                                      (D) éter dietílico.
- (B) éter etil metílico.                              (E) propanona.
- (C) propan-2-ol.

**09 (PUC-SP – 2006)** A análise da fórmula estrutural de isômeros possibilita comparar, qualitativamente, as respectivas temperaturas de ebulição. Na análise devem-se considerar os tipos de interação intermolecular possíveis, a polaridade da molécula e a extensão da superfície molecular.

Dados os seguintes pares de isômeros:



III.



Pode-se afirmar que o isômero que apresenta a maior temperatura de ebulição de cada par é:

- (A) I. ácido etanoico;  
 II. butano;  
 III. trans-1,2-dicloroeteno.
- (B) I. metanoato de metila;  
 II. metilpropano;  
 III. trans-1,2-dicloroeteno.
- (C) I. ácido etanoico;  
 II. metilpropano;  
 III. cis-1,2-dicloroeteno
- (D) I. ácido etanoico;  
 II. butano;  
 III. cis-1,2-dicloroeteno
- (E) I. metanoato de metila;  
 II. butano;  
 III. trans-1,2-dicloroeteno

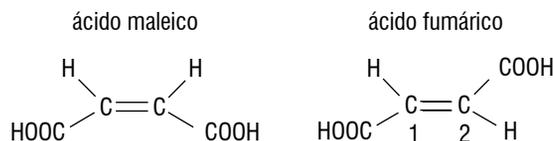
**10 (UFPI-PI – 2006)** Uma mistura de 50 mL de álcool etílico, com igual quantidade de água, na temperatura ambiente, tem um volume inferior a 100 mL. Sobre essa informação, explique porque isto ocorre.

**11 (UFRRJ – 2006)** As duas substâncias mostradas na tabela abaixo apresentam grande diferença entre seus pontos de ebulição (P.E.), apesar de possuírem a mesma massa molecular:

Substâncias (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub> )	P.E. (°C)
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> H (ácido propiônico)	141
CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> (acetato de metila)	57,5

Justifique a diferença entre os pontos de ebulição, considerando as interações intermoleculares existentes.

**12 (PUC-RS – 2005)** Sobre os ácidos maleico e fumárico, que apresentam as fórmulas estruturais abaixo:



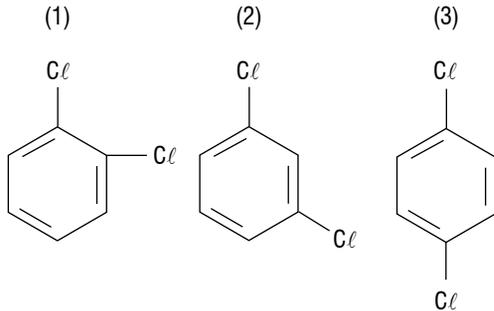
pode-se afirmar que:

- I. os dois ácidos apresentam igual ponto de fusão, pois possuem a mesma massa molecular.
- II. os átomos de carbono indicados com os números 1 e 2, no ácido fumárico, são carbonos assimétricos.
- III. esses ácidos formam um par de isômeros geométricos.
- IV. o ácido maleico é mais solúvel em água, pois a sua molécula é mais polar que a do ácido fumárico.

Pela análise das afirmativas, conclui-se que estão corretas apenas:

- (A) I e II. (D) III e IV.  
 (B) I e III. (E) I, II e IV.  
 (C) II e IV.

**13 (UNESP-SP – 2005)** Existem três compostos diclorobenzeno diferentes de fórmula molecular  $C_6H_4Cl_2$ , que diferem em relação às posições dos átomos de cloro no anel benzênico, conforme as figuras 1, 2 e 3.



Das três figuras, é polar a fórmula apresentada em:

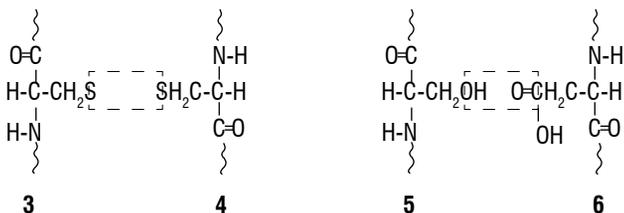
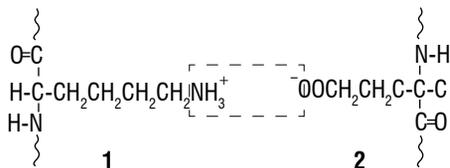
- (A) 3, somente.  
 (B) 1 e 2, somente.  
 (C) 1 e 3, somente.  
 (D) 2 e 3, somente.  
 (E) 1, 2 e 3.

EXERCÍCIOS NÍVEL 2

**01 (UNESP-SP – 2005)** A pressão de vapor de uma substância é função das suas propriedades moleculares. Considerando que os isômeros geométricos cis-dibromoeteno e trans-dibromoeteno são líquidos à temperatura ambiente:

- a. escreva as fórmulas estruturais destes compostos;  
 b. indique, com justificativa, qual líquido é mais volátil à temperatura ambiente.

**02 (UFC-CE – 2003)** O cabelo humano é composto principalmente de queratina, cuja estrutura proteica varia em função das interações entre os resíduos aminoácidos terminais, conferindo diferentes formas ao cabelo (liso, ondulado, etc.). As estruturas relacionadas abaixo ilustram algumas dessas interações específicas entre pares de resíduos aminoácidos da queratina.



Assinale a alternativa que relaciona corretamente as interações específicas entre os resíduos 1–2, 3–4 e 5–6, respectivamente:

- (A) Ligação iônica, ligação covalente e ligação de hidrogênio.  
 (B) Ligação iônica, interação dipolo-dipolo e ligação covalente.  
 (C) Ligação covalente, interação ion-dipolo e ligação de hidrogênio.  
 (D) Interação dipolo-dipolo induzido, ligação covalente e ligação iônica.  
 (E) Ligação de hidrogênio, interação dipolo induzido-dipolo e ligação covalente.

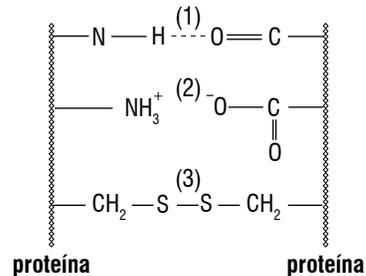
**03 (UFTM-MG – 2003)** Forças intermoleculares são forças que mantêm unidas as partículas (íons ou moléculas) de uma substância. No estado líquido, substâncias que apresentam o mesmo tipo de forças intermoleculares (ligações de hidrogênio) são:

- (A)  $CH_3OCH_3$  e  $CH_3CH_2OH$ . (D)  $HBr$  e  $H_2O$ .  
 (B)  $CH_3OCH_3$  e  $H_2O$ . (E)  $HF$  e  $CH_3CH_2OH$   
 (C)  $HBr$  e  $HF$ .

**04 (UFMA-MA – 2003)** Organize os isômeros estruturais com fórmula molecular  $C_4H_9OH$  em ordem crescente de:

- a. ponto de ebulição;  
 b. solubilidade em água.

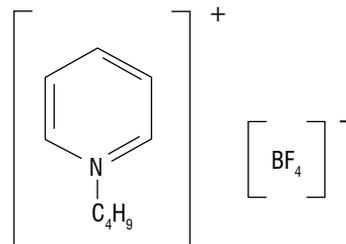
**05 (UFAC-AC – 2003)** Cada fio de cabelo é composto de muitas cadeias de aminoácidos mantidas juntas na forma de polímeros chamados proteínas. As cadeias individuais podem se conectar com outras cadeias conforme os números apresentados na figura a seguir:



Estas interações são denominadas:

- (A) 1 – ponte salina; 2 – ligação dissulfeto; 3 – ponte de hidrogênio.  
 (B) 1 – ligação dissulfeto; 2 – ponte de hidrogênio; 3 – ponte salina.  
 (C) 1 – ponte de hidrogênio; 2 – ponte salina; 3 – ligação dissulfeto.  
 (D) 1 – ponte de hidrogênio; 2 – ligação dissulfeto; 3 – ponte salina.  
 (E) 1 – ponte salina; 2 – ponte de hidrogênio; 3 – ligação dissulfeto.

**06 (UMG-MG – 2003)** Recentemente, os químicos têm investigado uma nova classe de materiais – os líquidos iônicos. A novidade desses materiais é que, nas condições ambientais, as substâncias iônicas mais comuns são sólidas. A estrutura exemplifica um líquido iônico:



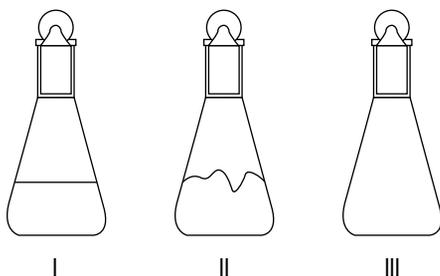
Essa substância tem propriedades interessantes:

- é líquida, nas condições ambientais;
  - é solúvel em água;
  - é um bom solvente para muitas substâncias polares e apolares.
- a. Com base nas características estruturais dessa substância, **justifique** o fato de ela ser um bom solvente para muitas substâncias apolares.
- b. Analise a estrutura dessa substância e, com base na interação eletrostática entre seu cátion e seu ânion, **justifique** o fato de ela ser líquida.

**07 (ACAFE-SC – 2002)** Uma toalha de tecido apresenta uma mancha de gordura. Para removê-la é mais eficiente aplicar, antes da lavagem:

- (A) água pura.  
 (B) benzina.  
 (C) água destilada.  
 (D) água oxigenada.  
 (E) álcool.

**08 (EFEI-SP – 2002)** Observando os frascos I, II e III, qual dos itens abaixo não corresponde aos possíveis conteúdos que podem estar representados nesta ordem, à temperatura de 25° C e 1 atm de pressão?

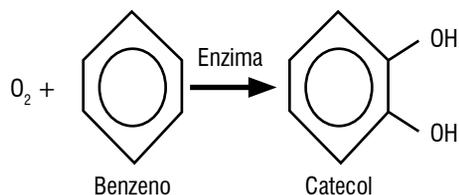


- (A) Metanol, chumbo, hélio.  
 (B) Etanol, NaCl, CO<sub>2</sub>.  
 (C) Acetona, KI, argônio.  
 (D) Butano, ferro, etanol.  
 (E) Éter etílico, CaCO<sub>3</sub>, metano.

**09 (ITA-SP – 2002)** Um béquer de 500 mL contém 400 mL de água pura a 25° C e 1 atm. Uma camada fina de talco é espalhada sobre a superfície da água, de modo a cobri-la totalmente.

- a. O que deverá ser observado quando uma gota de detergente é adicionada na região central da superfície da água coberta de talco?
- b. Interprete o que deverá ser observado em termos das interações físico-químicas entre as espécies.

**10 (UFG-GO – 2001)** Quando uma pessoa inala benzeno, seu organismo dispara um mecanismo de defesa que o transforma no catecol, uma substância hidrossolúvel, como representado, a seguir:



- a. Por que o catecol é mais solúvel em água que o benzeno?
- b. Explique por que a temperatura ambiente e a 1 atm, o oxigênio é gás, o benzeno é líquido e o catecol é sólido.

**11 (ITA-SP – 1998)** Nas condições ambientes, misturam-se 100 mL de *n*-hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) com 100 mL de *n*-heptano (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>). Considere as seguintes afirmações em relação ao que irá ocorrer:

- I. Formação de uma mistura bifásica.
- II. Produção de um polímero com fórmula mínima C<sub>13</sub>H<sub>30</sub>.
- III. Formação de uma mistura homogênea de vários hidrocarbonetos com cadeias menores.
- IV. Produção de um polímero com fórmula mínima C<sub>13</sub>H<sub>28</sub> e liberação de H<sub>2</sub> gasoso.
- V. Produção de efeito térmico comparável àquele produzido na formação de 100 mL de C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> a partir de H<sub>2 (g)</sub> e C<sub>(grafite)</sub>.

Qual das opções abaixo contém apenas a(s) afirmação(ões) **correta(s)**?

- (A) I.  
 (B) I, IV e V.  
 (C) II.  
 (D) III e V.  
 (E) Nenhuma das afirmações está correta.

**12 (ITA-SP – 1998)** Considere grandes superfícies de água em repouso, como por exemplo a de uma piscina sem banhista, com as bombas desligadas e não sujeita a ventos.

- I. Sobre uma superfície deste tipo, coloca-se suavemente uma gota de hidrocarbonetos pouco voláteis, como os constituintes do óleo diesel.
- II. Sobre outra superfície deste tipo, coloca-se suavemente uma gota de um ácido carboxílico de cadeia longa, tal como o ácido oleico.

Valendo-se de palavras e de figuras, mostre o que vai acontecer com o formato e a extensão do que foi colocado na superfície da água **em cada uma das alternativas acima**.

RASCUNHO

## 1. Introdução

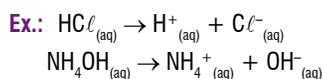
Na Química Orgânica, os ácidos apresentam grau de ionização ( $\alpha$ ) baixo, quando comparados aos ácidos inorgânicos. A caracterização de um ácido segundo sua força requer um estudo mais detalhado em relação às espécies envolvidas. Para isso devemos analisar teorias ácido-base mais modernas e abrangentes, de modo a conseguirmos compreender e prever o comportamento de um determinado ácido em relação a outro.

No caso das bases orgânicas, também temos peculiaridades e a classificação não segue os mesmos critérios das bases inorgânicas.

## 2. Teorias modernas ácido-base

### 2.1 Teoria de Arrhenius

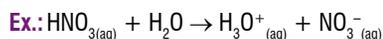
Segundo a definição de Arrhenius, ácido é a substância molecular que, em solução aquosa, libera como único íon positivo o cátion  $H^+$  (ou  $H_3O^+$ ). Base é a substância iônica que, em solução aquosa, libera como único íon negativo o ânion  $OH^-$ .



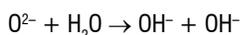
A teoria de Arrhenius fica restrita à necessidade de estar a substância em solução aquosa e à obrigatoriedade do ácido de possuir átomo de H e da base de possuir grupamento OH.

### 2.2 Teoria de Brønsted-Lowry

Segundo a teoria de Brønsted-Lowry, ácido é a substância doadora/fornecedora de prótons ( $H^+$ ), e base é a substância receptora de prótons ( $H^+$ ).



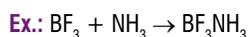
$H_2O$  atua como base, pois recebe o próton, e  $HNO_3$  é o ácido por doar o próton. Dizemos que  $NO_3^-$  é base conjugada com o ácido  $HNO_3$  e que  $H_3O^+$  é ácido conjugado com a base  $H_2O$ .



$H_2O$  atua como ácido, pois fornece o próton ao  $O^{2-}$  (ânion óxido). Dizemos que  $OH^-$  é base conjugada ao ácido  $H_2O$  e que  $OH^-$  é ácido conjugado à base  $O^{2-}$ .

### 2.3 Teoria de Lewis

Um ácido de Lewis é uma substância capaz de receber par de elétrons (possui orbital vazio para acomodar o par de elétrons) e uma base é uma substância doadora de par de elétrons (possui par de elétrons disponível).



No  $NH_3$  há par de elétrons disponível (no átomo de nitrogênio) e atua como base de Lewis, e o  $BF_3$  possui orbital vazio capaz de acomodar esses elétrons, logo é o ácido. Notemos que o átomo de Boro está hibridizado na forma  $sp^2$ , com três orbitais híbridos incompletos e um orbital "p" puro, vazio.

## 3. Efeitos indutivos

### 3.1 Radicais elétron-atraentes

Grupamentos que atraem os elétrons para si (apresentam afinidade por carga negativa).

Ex.: cátions ou átomos de elementos eletronegativos.

### 3.2 Radicais elétron-repelentes

Grupamentos que afastam os elétrons (apresentam afinidade por carga positiva).

Ex.: ânions.

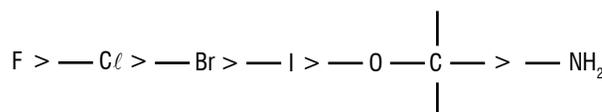
### 3.3 Efeito indutivo

Decorre da polarização de uma ligação simples (sigma) feita entre um grupamento qualquer e uma cadeia carbônica.

Esse efeito é característico de compostos que possuem cadeia carbônica saturada.

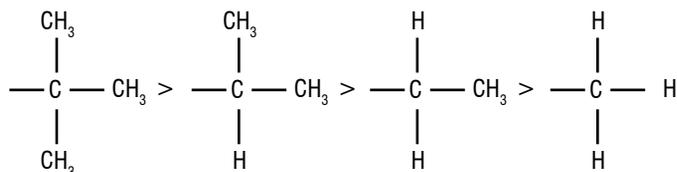
#### 3.3.1 Efeito indutivo negativo (- Is)

Causado por puxadores de elétrons (radicais elétron-atraentes) que, quando ligados a um átomo, deslocalizam os elétrons no sentido de afastá-los da cadeia carbônica.



#### 3.3.2 Efeito indutivo positivo (+ Is)

Causado por empurradores de elétrons (radicais elétron-repelentes) que, quando ligados a um átomo, deslocalizam os elétrons no sentido de aproximá-los da cadeia carbônica.



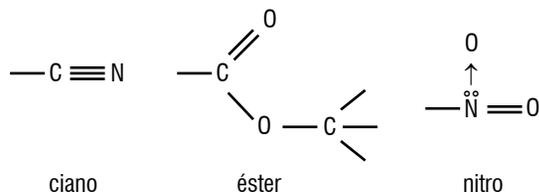
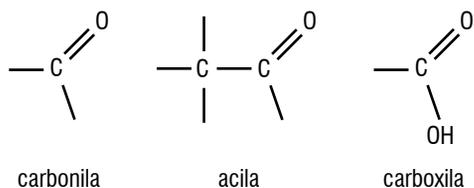
### 3.4 Efeito mesômero

Decorre da atração ou repulsão dos elétrons  $\pi$  de ligações múltiplas por ação de radicais ligados à cadeia carbônica.

Esse efeito é característico de compostos que possuem cadeia carbônica insaturada e s elétrons entram em ressonância com os demais.

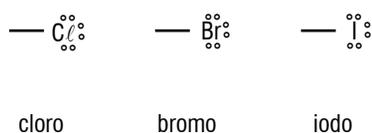
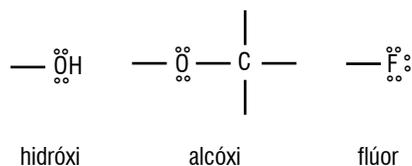
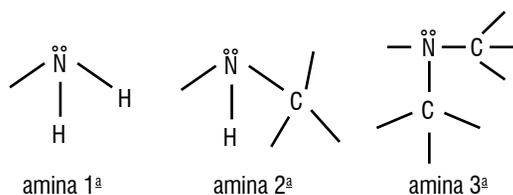
#### 3.4.1 Efeito mesômero negativo (- Ms)

Ocorre quando o radical ligado à cadeia atrai para perto de si os elétrons de uma ligação  $\pi$  de uma cadeia carbônica.



### 3.4.2 Efeito mesômero positivo (+ Ms)

Ocorre quando o radical ligado à cadeia empurra os elétrons de uma ligação  $\pi$  para a cadeia carbônica.



Obs.:

- I. **Carbocátions:** espécies positivas geradas a partir da heterólise da ligação  $C - \text{grupamento}$  (cátion monovalente do carbono);
- II. **Carbânions:** espécies negativas geradas a partir da heterólise da ligação  $C - \text{grupamento}$  (ânion monovalente do carbono);
- III. **Radicais livres:** espécies neutras geradas a partir da homólise da ligação  $C - \text{grupamento}$ ;
- IV. Carbocátions apresentam comportamento de ácidos de Lewis, enquanto carbânions comportam-se como bases de Lewis;
- V. Ordem de estabilidade:

#### Carbocátions

terciário > secundário > primário

#### Carbânions

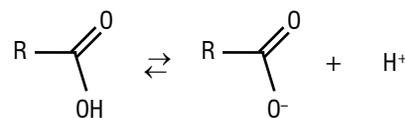
terciário < secundário < primário

#### Radicais livres

terciário > secundário > primário

## 4. Ácidos orgânicos

Ácidos carboxílicos:



“Quanto mais fraca for a base conjugada, mais forte será o ácido original.

Quanto mais forte for a base conjugada, mais fraco será o ácido original.”

Justificando: A base conjugada é o ânion carboxilato. Quanto mais fraca for essa base, menor será sua capacidade de receber prótons, segundo o modelo de Brønsted-Lowry. Essa baixa capacidade (necessidade) de receber prótons indica que o ânion é estável, e, conseqüentemente, que o cátion  $H^+$  permanecerá liberado do ânion.

Caso a base conjugada seja forte, apresentará alta capacidade de receber prótons, impedindo que o cátion  $H^+$  permaneça ionizado.

## 5. Comparação entre força dos ácidos

### 5.1 Efeitos indutivos e força dos ácidos

Grupamentos empurradores de elétrons aumentam a densidade eletrônica aparente da cadeia, logo a torna mais propensa a receber o próton. Concluimos, então, que esse tipo de grupamento é capaz de reduzir a força do ácido.

Grupamentos puxadores de elétrons diminuem a densidade eletrônica aparente da cadeia, tornando-a mais propensa a deixar o cátion  $H^+$  ionizado. A força do ácido é aumentada.

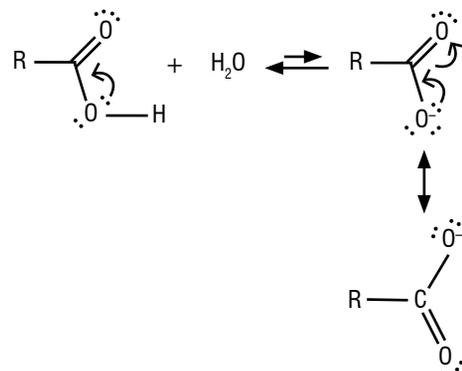
### 5.2 Efeito da distância

Quanto mais próximo do grupo carboxila, mais intenso é o efeito indutivo. Dessa forma:

- Empurrador de elétrons mais perto da carboxila  $\rightarrow$  ácido mais fraco;
- Empurrador de elétrons mais afastado da carboxila  $\rightarrow$  ácido menos fraco;
- Puxador de elétrons mais perto da carboxila  $\rightarrow$  ácido mais forte;
- Puxador de elétrons mais afastado da carboxila  $\rightarrow$  ácido menos forte.

Obs.:

- I. Quanto mais estruturas de ressonância distintas com energia equivalente puderem ser escritas, mais estável será o ânion. Por isso o ácido carboxílico é o composto de maior acidez dentre os compostos orgânicos:

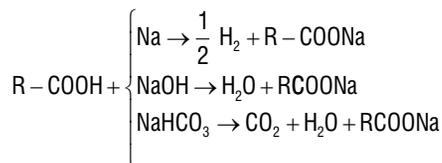
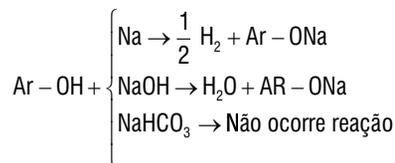
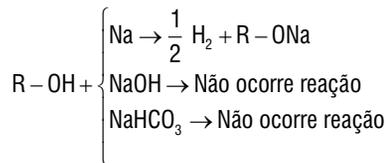


II. Hidrogênios ligados a carbonos sp são mais ácidos que hidrogênios ligados a carbonos sp<sup>2</sup>, que por sua vez são mais ácidos que hidrogênios ligados a carbonos sp<sup>3</sup>. A justificativa é que, já que o orbital s é menos energético que o orbital p, quanto maior o percentual de orbital s no orbital híbrido do carbono menos energético, mais estável este será. Assim, o ânion gerado será mais estável quando derivado de um alcino;

III. Ordem decrescente de acidez dos principais compostos orgânicos:

**ácido carboxílico > derivados de ácido > fenol > água > álcool > amina**

IV.



V. Fenol é mais ácido (depois do ácido carboxílico), pois a ressonância do anel aromático atua como puxador de elétrons;

VI. Álcool é menos ácido, pois o radical alquila é empurrador de elétrons;

VII. Nos aldeídos, os hidrogênios alfa são os mais ácidos.

## 6. Bases orgânicas

As aminas são os compostos mais básicos dentro da Química Orgânica. O par isolado do nitrogênio confere o caráter básico das aminas com base na Teoria Moderna de Lewis.

Nas amidas, esse caráter básico é bem menos pronunciado devido ao oxigênio da carbonila, que, por ser muito eletronegativo, dificulta o compartilhamento do par eletrônico.

### 6.1 Efeitos indutivos e caráter básico

Como já vimos anteriormente, a presença de grupos empurradores de elétrons diminui a força do ácido e, conseqüentemente, aumentam a força da base. Esperamos, então, que quanto mais substituída for uma amina, maior deva ser seu caráter básico. Esse comportamento é seguido pelas aminas primárias e secundárias: amina secundária é mais substituída, e, portanto, mais básica que a amina primária. A amina terciária foge a esse padrão, pois ocorre o que chamamos de “impedimento estérico”.

Os grupos ligados ao nitrogênio são tão maiores que o hidrogênio que atrapalham a chegada de espécies para o compartilhamento do par isolado do nitrogênio (falta espaço para que o compartilhamento ocorra entre o par isolado do átomo de nitrogênio e a espécie). Com isso, uma amina terciária, em teoria, tem forte tendência a compartilhar o par isolado do nitrogênio, mas na prática esse processo é dificultado pelo tamanho dos grupos substituintes da amina.

No caso de uma amina aromática, como também já vimos, o anel aromático atua como puxador de elétrons e também dificulta o compartilhamento.

Dessa forma, a ordem decrescente de basicidade nas aminas é:

**amina secundária > amina primária > amina terciária > amina aromática**

Ressalta-se o fato de que quanto maior for o radical substituinte, maior será o efeito sobre a basicidade. Como exemplo podemos comparar o fato de que a metilamina é menos básica que a etilamina.

### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (UEM-PR)** Assinale a alternativa **incorreta**:

- (A) Efeito indutivo é a atração ou a repulsão de pares eletrônicos formadores de ligações simples (ligações  $\sigma$ ), decorrente da diferença de eletronegatividade dos átomos formadores da ligação.
- (B) Têm caráter aromático todos os compostos cíclicos de anéis planos contendo  $4n + 2$  elétrons  $\pi$ , sendo  $n$  um número inteiro.
- (C) Tautomeria é o caso particular de isomeria funcional em que os dois isômeros ficam em equilíbrio dinâmico.
- (D) A isomeria de posição ocorre quando os isômeros têm a mesma cadeia carbônica, mas diferem pela posição de ramificações ou de ligações duplas ou triplas.
- (E) Os compostos cis-1,2-dicloro-eteno e o trans-1,2-dicloro-eteno são isômeros cis-trans e apresentam o mesmo ponto de fusão.

**02 (ITA)** Considere os seguintes ácidos:

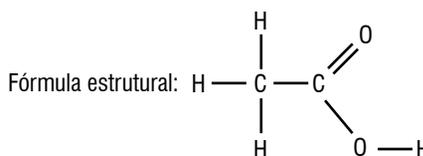
- I.  $CH_3COOH$
- II.  $CH_3CH_2COOH$
- III.  $CH_2C(Cl)CH_2COOH$
- IV.  $CHC(Cl)_2CH_2COOH$
- V.  $CC(Cl)_3CH_2COOH$

Assinale a opção que contém a seqüência correta para a ordem crescente de caráter ácido:

- (A) I < II < III < IV < V.
- (B) II < I < III < IV < V.
- (C) II < I < V < IV < III.
- (D) III < IV < V < II < I.
- (E) V < IV < III < II < I.

**03 (UERJ)** O vinagre é uma solução aquosa diluída que contém o ácido acético ionizado. As fórmulas moleculares e estrutural desses ácidos estão abaixo representadas:

Fórmula molecular:  $H_4C_2O_2$

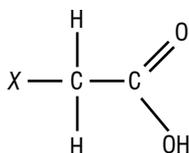


O segundo membro da equação química que representa corretamente a ionização do ácido acético aparece na seguinte alternativa:

- (A)  $H^+ + H_3C_2O_2^-$
- (B)  $2H^+ + H_2C_2O_2^{2-}$
- (C)  $3H^+ + HC_2O_2^{3-}$
- (D)  $4H^+ + C_2O_2^{4-}$

**04 (UERJ)** Os ácidos orgânicos, comparados aos inorgânicos, são bem mais fracos. No entanto, a presença de um grupo substituinte, ligado ao átomo de carbono, provoca um efeito sobre a acidez da substância, devido a uma maior ionização.

Considere uma substância representada pela estrutura abaixo:



Essa substância estará mais ionizada em um solvente apropriado quando X representar o seguinte grupo substituinte:

- (A) H.
- (B) I.
- (C) F.
- (D) CH<sub>3</sub>.

**05 (UERJ)** Supondo condições idênticas, a molécula cuja solução aquosa apresenta maior capacidade de captura de cátions hidrogênio é a da seguinte substância:

- (A) etanoamida.
- (B) dietilamina.
- (C) etilamina.
- (D) etanoico.
- (E) etanol.

**06 (ITA)** Qual das opções abaixo contém a afirmação **falsa**, considerando condições ambientes?

- (A) O metanol é um líquido incolor, inflamável e solúvel em água em qualquer proporção.
- (B) Solução aquosa de fenol em água é ácida.
- (C) Glicerina tem três grupos – OH, mas suas soluções aquosas não são alcalinas.
- (D) Ácido etanoico pode ser obtido pela fermentação aeróbica de vinhos.
- (E) Cl – OH é uma espécie química que tem caráter básico e está presente em soluções de gás cloro em água.

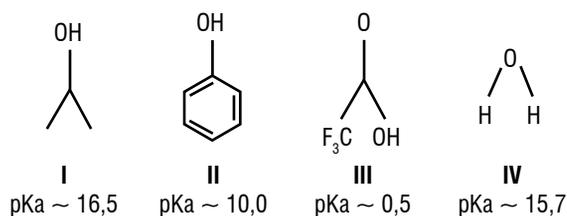
**07 (PUC-MG)** O carbono, assinalado em **negrito**, tem menor densidade eletrônica na seguinte espécie química:

- (A) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>
- (B) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>
- (C) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH
- (D) CH<sub>3</sub>**CH**ClCH<sub>3</sub>
- (E) CH<sub>3</sub>**CH**(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>

**08 (UFSCAR)** O caráter ácido dos compostos orgânicos difere bastante um dos outros. Uma comparação da acidez pode ser feita por meio das estruturas e das constantes de ionização, K<sub>a</sub>. Os valores das constantes ao redor de 10<sup>-42</sup>, 10<sup>-18</sup> e 10<sup>-10</sup> podem ser atribuídos, respectivamente, a:

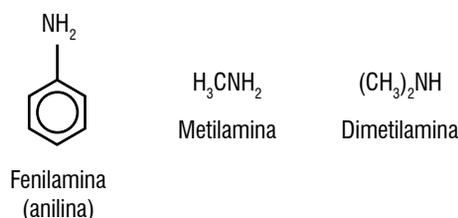
- (A) fenóis, álcoois e alcanos.
- (B) fenóis, alcanos e álcoois.
- (C) álcoois, fenóis e alcanos.
- (D) alcanos, fenóis e álcoois.
- (E) alcanos, álcoois e fenóis.

**09 (UFU – Desafio)** Considere os compostos de I a IV e seus respectivos pK<sub>a</sub> em água.



Com relação a esses compostos, coloque-os em ordem crescente de acidez, justificando essa ordem através dos efeitos eletrônicos.

**10 (UFU – adaptada)** Considere os seguintes compostos orgânicos derivados da amônia:

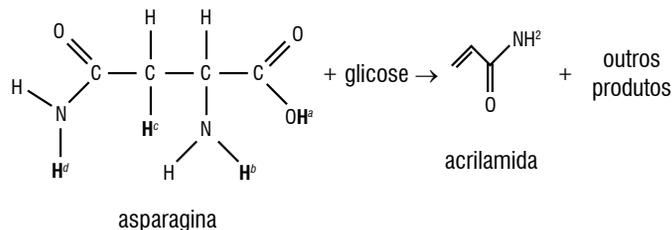


A metilamina e a dimetilamina são gases provenientes da decomposição de certas proteínas e são responsáveis pelo desagradável cheiro de peixe podre. A fenilamina ou anilina é uma amina aromática largamente empregada na síntese de corantes e medicamentos.

- a. Explique por que esses compostos são denominados bases orgânicas.
- b. Dê a ordem de basicidade dos compostos acima.

## EXERCÍCIOS NÍVEL 2

**01 (UFRJ)** Estudo recente associou o consumo de batatas fritas na adolescência a um maior risco de câncer na vida adulta. O risco se deve à presença de acrilamida, produzida durante a fritura, quando a glicose e determinados aminoácidos presentes na batata, como a asparagina, reagem entre si, conforme representado a seguir:



- a. Indique as funções orgânicas presentes na asparagina e escreva o nome da acrilamida segundo a nomenclatura IUPAC.
- b. Disponha os hidrogênios H<sup>a</sup>, H<sup>b</sup>, H<sup>c</sup> e H<sup>d</sup>, presentes na asparagina, em ordem crescente de acidez.

**02 (UNIRIO)** O metanol e o etanol são solúveis em água em todas as proporções, mas, à medida que o número de átomos de carbono na molécula do álcool aumenta, verifica-se uma diminuição da solubilidade em água.

Álcool	Fração molar (x) a 20°C
metanol	1
etanol	1
butano	0,02
octanol	0,0008

Apesar de a presença ou não de ligações de hidrogênio ter um efeito pronunciante sobre a solubilidade, outro fator determinante que pode explicar o fato acima são os efeitos indutivos positivos e negativos ocorrentes nestas cadeias.

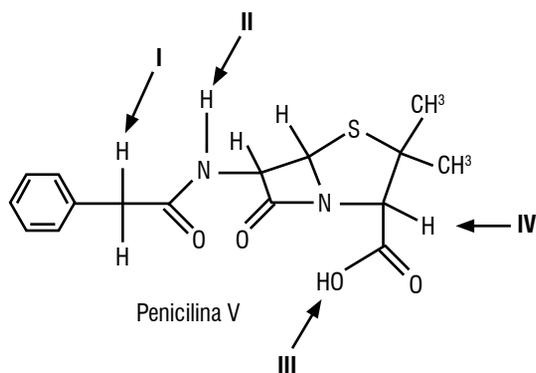
Com base nesses efeitos, justifique a ordem de solubilidade apresentada na tabela acima, a partir das estruturas planas de cada álcool.

**03 (UFRJ)** Os ácidos orgânicos têm a sua acidez alterada pela substituição de átomos de hidrogênio na cadeia carbônica por grupos funcionais. A tabela a seguir mostra as constantes de acidez de alguns ácidos carboxílicos, em água, a 25°C.

Composto Nº	Estrutura	Ka
I		$1,54 \times 10^{-5}$
II		$1,39 \times 10^{-3}$
III		$3,0 \times 10^{-5}$
IV		$8,9 \times 10^{-5}$

- Disponha os compostos em ordem crescente de força do ácido.
- Explique o papel exercido pelo átomo de cloro na diferença de acidez observada entre os compostos I e II.

**04 (UFU-MG)** A penicilina V, um antibiótico potente, possui a seguinte fórmula estrutural plana:



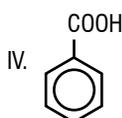
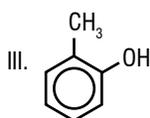
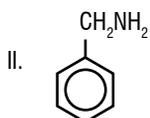
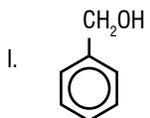
Com referência a esse composto, apresentado acima, o hidrogênio mais ácido assinalado na estrutura é:

- IV.
- II.
- III.
- I.

**05 (UFU-MG)** As aminas caracterizam-se por sua basicidade e natureza nucleofílica. Em relação às aminas, responda:

- Qual a origem da basicidade das aminas?
- Quais são as fórmulas estruturais da trimetilamina e do ácido etanoico?
- Qual a equação química balanceada representativa da reação da trimetilamina com ácido etanoico?

**06 (Unificado-RJ)** De acordo com a teoria ácido-base de Brønsted Lowry, “ácido é toda substância capaz de ceder prótons (H<sup>+</sup>)”.

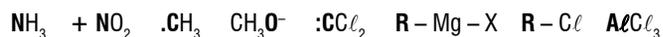


Assim, na série de compostos orgânicos acima, a sequência correta em ordem decrescente de acidez é:

- I > II > III > IV.
- II > I > IV > III.
- III > IV > I > II.
- IV > III > I > II.
- IV > III > II > I.

**07 (UFG)** Segundo Lewis, ácido é todo receptor de par de elétrons e base é todo doador de par eletrônico. Utilizando esse conceito, responda:

- Qual o par ácido-base conjugado quando o HCl reage com H<sub>2</sub>O?
- Dos reagentes a seguir, escreva apenas aquele(s) que possui(m) caráter ácido no átomo em negrito. Justifique a resposta.



**08 (UFF)** O nitrogênio ocorre em diversas classes de compostos orgânicos, dentre as quais uma das mais importantes é a classe das aminas, substâncias orgânicas que reagem com ácidos formando sais.

- Explique, com base em efeitos eletrônicos, por que a dimetilamina é mais básica do que a etilamina.
- Dê as fórmulas estruturais das aminas trifetilamina, difetilamina e fenilamina, colocando-as em ordem decrescente de basicidade. Justifique.

## 1. Introdução

Uma das condições para que uma reação química aconteça é a colisão entre as moléculas, que provocam rupturas de ligações e possibilitam a formação de novas ligações.

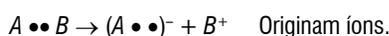
Na Química Orgânica é relevante entender como essas rupturas ocorrem e que tipo de espécies são formadas. Com isso podemos compreender alguns mecanismos que explicam os tipos de produtos formados.

## 2. Rupturas de ligação

Cisão homolítica ou homólise



Cisão heterolítica ou heterólise



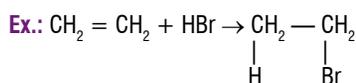
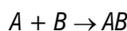
Obs.:

- I. Radicais livres são espécies neutras, altamente reativas e sua formação é favorecida mediante agente físico (luz, calor, ...) ou catalisador e/ou reagentes apolares;
- II. Os íons gerados na heterólise são favorecidos pela ação de catalisadores e/ou reagentes polares;
- III. A espécie negativa gerada na heterólise do reagente é denominada *nucleófilo* e a espécie positiva é denominada *eletrófilo*;
- IV. Eletrófilos atuam como ácidos de Lewis e nucleófilos atuam como bases de Lewis;
- V. Se um dos reagentes sofre um tipo de ruptura em suas ligações (homólise ou heterólise), o outro reagente tende a sofrer o mesmo tipo de ruptura de ligações;
- VI. Carbocátions: cátions orgânicos cuja carga foi originada na heterólise de uma ligação C — R;
- VII. Carbânions: ânions orgânicos cuja carga foi originada na heterólise de uma ligação C — R;
- VIII. Tanto carbocátions como carbânions são espécies reativas.

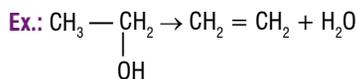
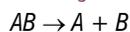
## 3. Classificação geral das reações orgânicas

As principais reações orgânicas são classificadas como adição, eliminação, substituição e oxidação (oxidações, ozonólises e combustões).

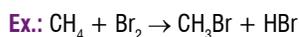
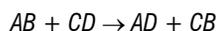
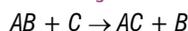
Adição



Eliminação

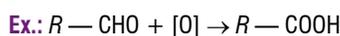


Substituição



Oxidações

Aumento de ligações entre carbono e oxigênio.



As reações de adição e de substituição ainda podem ser diferenciadas de acordo com o primeiro ataque sofrido pelo carbono (mecanismo da partícula reagente).

O primeiro ataque sofrido pelo carbono do composto orgânico define o mecanismo, assim as adições podem ser classificadas como nucleofílicas, eletrofílicas ou via radicais livres, bem como as substituições também podem ser classificadas como nucleofílicas, eletrofílicas ou via radicais livres.

Obs.:

- I. As reações de substituição nucleofílica podem ser classificadas em SN1 e SN2, de acordo com o mecanismo e cinética;
- II. De maneira geral, as reações de eliminação não apresentam classificações relevantes para o nível de estudo pretendido, sendo denominadas E1 e E2, seguindo o mesmo critério das substituições nucleofílicas.

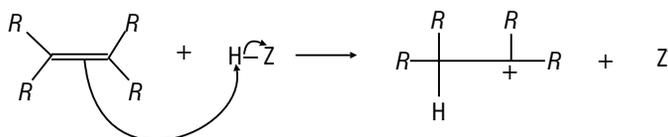
### 3.1 Noções de mecanismos de reações orgânicas

#### 3.1.1 Adição eletrofílica

Reação característica dos alcenos.

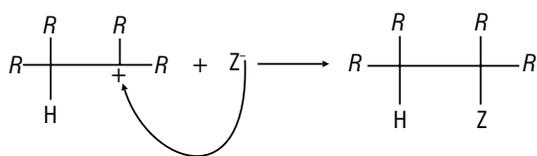
**1ª etapa:** esta etapa é considerada a etapa lenta da reação.

Ataque do eletrófilo ao substrato.

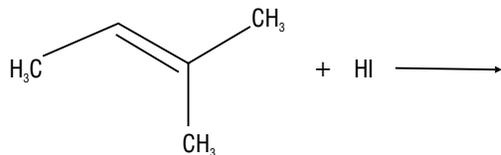


Na primeira etapa da reação é formado um cátion, e a carga positiva desse cátion está sobre um átomo de carbono; esse cátion é, portanto, chamado de carbocátion.

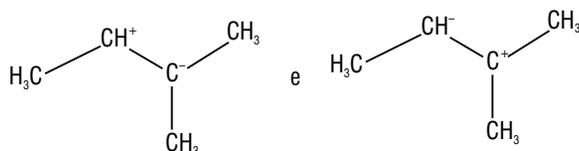
**2ª etapa:** esta etapa é considerada a etapa rápida da reação de adição, pois é apenas a união do carbocátion com o ânion.



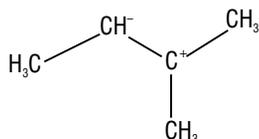
Então já somos capazes de determinar o resultado de algumas reações.



A primeira etapa do mecanismo forma carbocátion, como demonstrado anteriormente. Porém, neste caso, é possível a formação de dois carbocátions:

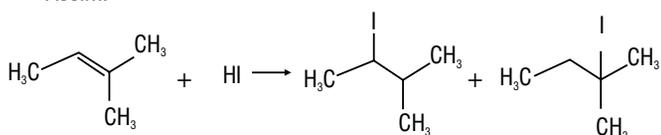


Percebemos que os carbonos  $sp^2$  estão ligados a radicais diferentes, logo, formarão carbocátions diferentes ( $H$  e  $CH_3$ , e,  $CH_3$  e  $CH_3$ ). Sabe-se que o carbocátion mais substituído é mais estável, assim como o carbânion menos substituído. Dessa forma, a espécie mais estável dentre as duas possíveis é:



O eletrófilo ( $H^+$ ) ataca o carbono menos substituído da insaturação, enquanto o nucleófilo ataca o carbono mais substituído da insaturação.

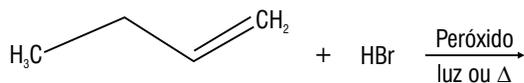
O enunciado anterior é mais conhecido como **Regra de Markovnikov**. Assim:



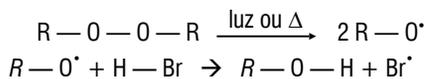
Produto majoritário      Produto minoritário

### 3.1.2 Adição via radicais livres

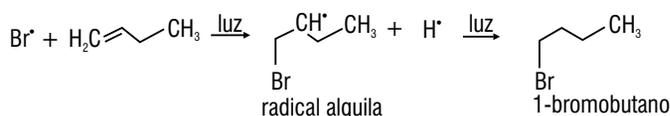
Para exemplificar este tipo de adição, utilizaremos uma reação que segue o mecanismo Kharasch-Mayo:



O peróxido na presença de luz ultravioleta ou de aquecimento sofre uma cisão homolítica, produzindo radicais livres.



O radical  $Br\cdot$  precisa de elétrons para atingir estabilidade. Para isso, ataca a insaturação, porém o ataque não é direcionado por cargas (radicais livres são neutros). O ataque é orientado pelo tamanho do radical. Como o radical  $Br\cdot$  é maior, busca o carbono que oferece maior espaço, ou seja, o menos substituído.

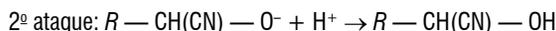
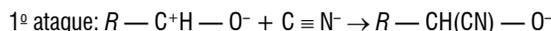
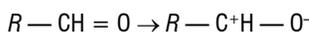


### 3.1.3 Adição nucleofílica

Adição característica dos compostos carbonilados.

A adição ocorre na ligação  $C=O$ , na qual o átomo de oxigênio é mais eletronegativo e polariza a ligação da seguinte maneira:  $C^+ - O^-$ .

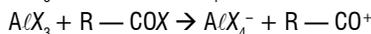
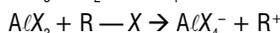
O ataque direcionado ao carbono é nucleofílico, portanto a reação é classificada como adição nucleofílica.



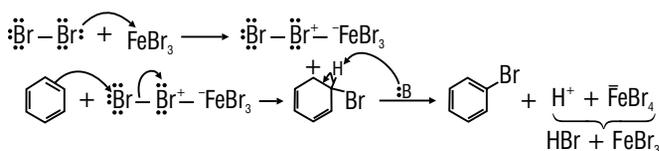
### 3.1.4 Substituição eletrofílica

Reação característica dos anéis aromáticos.

Analisando primeiro as reações de Friedel-Crafts, nas quais o catalisador é  $AlX_3$  ou  $FeX_3$ , em que  $X$  representa um halogênio, notamos que os catalisadores atuam como ácidos de Lewis, o que favorece a polarização dos reagentes:



A presença de elétrons  $\pi$  ressonantes no anel aromático atrai o eletrófilo e a ressonância dificulta a adição. Vejamos o exemplo da bromação do benzeno:

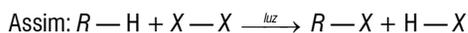
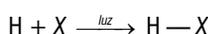
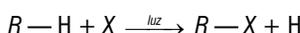
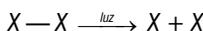


Raciocínio análogo pode ser empregado nas reações de nitração e de sulfonação do benzeno, como veremos mais adiante.

### 3.1.5 Substituição via radicais livres

Reação típica dos alcanos.

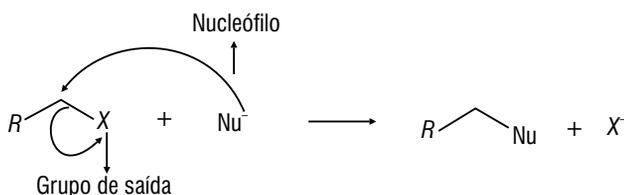
De maneira geral, ocorre homólise da molécula de  $X_2$  em presença de luz. Assim, geramos dois radicais do tipo  $X$ . A homólise dessa ligação favorece a homólise da ligação  $C-H$ , gerando  $C$  e  $H$ .



### 3.1.6 Substituição nucleofílica

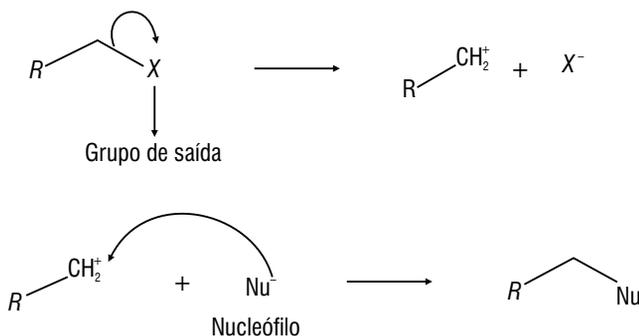
Existem dois mecanismos importantes para este tipo de reação:

- I. Ação simultânea de entrada do nucleófilo ( $\text{Nu}^-$ ) e saída grupo substituído ( $\text{X}^-$ , chamado grupo de saída). Notamos que quanto maior for a concentração do nucleófilo ( $\text{Nu}^-$ ), maior será a velocidade da substituição. O mesmo é observado em relação ao composto que sofrerá o ataque do nucleófilo. Dessa forma, notamos que ambos os reagentes interferem na cinética da reação, caracterizando uma substituição nucleofílica bimolecular ( $\text{S}_{\text{N}}2$ ).



**Nota:** Esse mecanismo é favorecido quando o carbocátion gerado após a saída do grupo  $\text{X}$  for pouco estável.

- II. Nesse caso, ocorre primeiro a formação de um carbocátion intermediário a partir da heterólise da ligação  $\text{C}-\text{X}$ . Essa é a etapa lenta da reação e não depende da concentração do nucleófilo. Após a saída do grupo  $\text{X}^-$ , em uma segunda etapa, ocorre a entrada do nucleófilo ( $\text{Nu}^-$ ). As duas ações são sucessivas, e não simultâneas, e como a etapa lenta depende da concentração de apenas um dos reagentes, caracterizamos a substituição nucleofílica monomolecular ( $\text{S}_{\text{N}}1$ ).



**Nota:** Esse mecanismo é favorecido quando o carbocátion gerado após a saída do grupo  $\text{X}$  for mais estável.

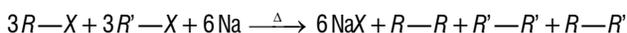
## 4. Reações orgânicas

### 4.1 Síntese de alcanos

#### Síntese de Wurtz:

Reação de substituição envolvendo derivado monohalogenado saturado e acíclico com sódio metálico aquecido. O sódio metálico retira o halogênio e o radical alquila resultante se liga a outro.

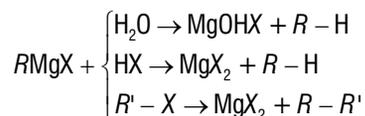
Há aumento da cadeia carbônica.



### Método de Grignard

Tratamento de um derivado de Grignard ( $\text{RMgX}$ ) com água (hidrólise), com hidrácido halogenado ou com derivado halogenado (nesse último caso há aumento da cadeia carbônica).

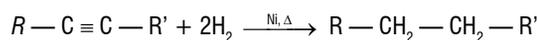
Nas reações com derivados de Grignard, obrigatoriamente, o composto quaternário sofrerá uma cisão heterolítica entre o  $\text{Mg}$  e o radical orgânico, produzindo um radical orgânico negativo e  $\text{MgX}^+$ .



### Método de Sabatier-Senderens

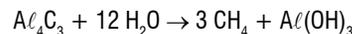
Consiste na hidrogenação ou redução catalítica de um hidrocarboneto acíclico e insaturado pelo hidrogênio molecular, na presença de níquel, platina ou paládio e aquecimento.

Para cada ligação  $\pi$  rompida utilizamos 1 mol de  $\text{H}_2$ .



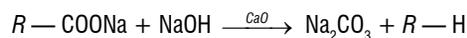
### Método de Moisson

Método laboratorial de obtenção do metano e consiste na hidrólise do carbureto (ou metaneto) de alumínio  $\text{Al}_4\text{C}_3$ .

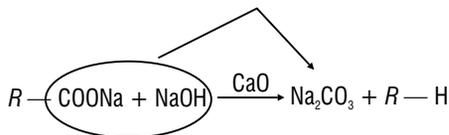


### Método de Dumas

Consiste da descarboxilação de sal alcalino derivado de um ácido monocarboxílico saturado quando tratado pela cal sodada (mistura de  $\text{CaO}$  – catalisador – e  $\text{NaOH}$  – reagente) produzindo carbonato de sódio e alcano com um carbono a menos que o sal utilizado.

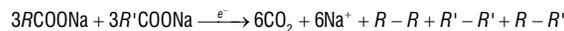
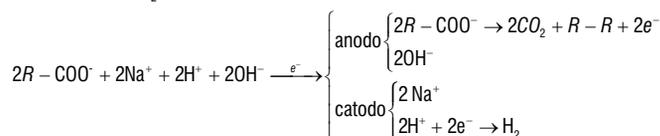
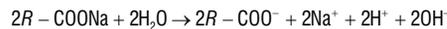


Para lembrar:



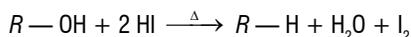
### Método de Kolbe

Consiste na eletrólise de uma solução aquosa contendo um sal orgânico alcalino acíclico e saturado. No cátodo da cuba eletrolítica haverá formação de gás hidrogênio e no anodo haverá formação de  $\text{CO}_2$  e alcano (que terá o dobro do número de carbonos do sal utilizado menos 2 carbonos que foram transformados em  $\text{CO}_2$ ).



### Método de Berthelot

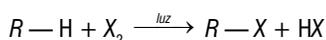
Tratamento de álcool saturado por HI e aquecimento. Ocorre formação de água, iodo molecular e alceno.



## 4.2 Principais reações dos alcanos: substituição via radicais livres

### Halogenação

Reação de um alcano com  $X_2$  (em que  $X$  é um halogênio) em presença de luz. Ocorre substituição via radical livre. O produto principal corresponde à substituição do hidrogênio no carbono menos hidrogenado.



**Nota:** Ordem de reatividade dos principais halogênios utilizados nesse tipo de reação:  $Cl_2 > Br_2 > I_2$

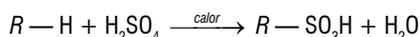
### Nitração

Reação com ácido nítrico, gerando nitro composto.



### Sulfonação

Reação com ácido sulfúrico, gerando ácido sulfônico.



**Obs.:** Preferência na substituição:  $H_{\text{terciário}} > H_{\text{secundário}} > H_{\text{primário}}$

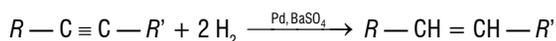
### Combustão

Queima, reação com oxigênio molecular destruindo totalmente a molécula. Quando a combustão é completa produz-se  $CO_2$  e  $H_2O$ . Em caso de combustão incompleta, forma-se CO ou C em vez de  $CO_2$ .



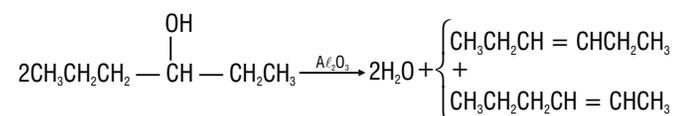
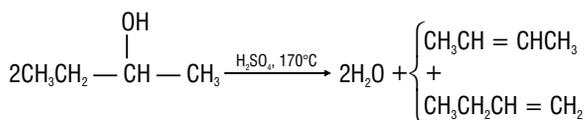
## 4.3 Síntese de alcenos

### Hidrogenação parcial de alcinos



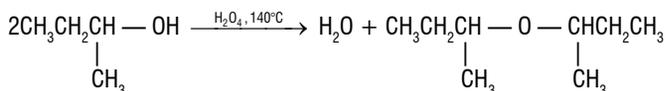
### Desidratação intramolecular de álcoois

Tratamento de um álcool pelo ácido sulfúrico a uma temperatura de aproximadamente  $170^\circ C$  ou pela alumina ( $Al_2O_3$ ). Ocorre eliminação da hidroxila juntamente com hidrogênio do carbono vizinho menos hidrogenado (Regra de Saytzeff) e formação de ligação  $\pi$ , produzindo água. Em caso de empate no número de hidrogênios nos carbonos vizinhos, o produto principal será aquele em que a ligação  $\pi$  fique localizada mais ao centro da cadeia.



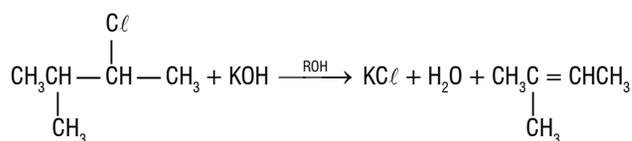
Nos exemplos acima,  $CH_3CH=CHCH_3$  e  $CH_3CH_2CH=CHCH_2CH_3$  são os produtos principais em cada caso e daqui por diante daremos preferência à apresentação do produto principal de cada reação.

**Obs.:** Desidratação intermolecular de álcoois ocorre sob temperatura média de  $140^\circ C$ , também catalisada por  $H_2SO_4$ . Haverá formação de éter, utilizando 2 moléculas de álcool para cada molécula de água formada.



### Desidroalogenação de derivados monoalogenados

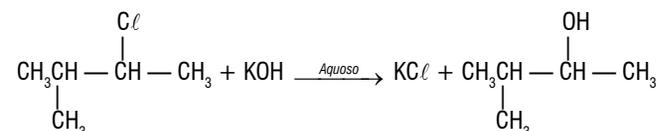
Eliminação do halogênio juntamente com hidrogênio do carbono vizinho menos hidrogenado (Regra de Saytzeff) quando tratado pela soda (NaOH) ou potassa (KOH) em solução alcoólica. Há formação de ligação  $\pi$  com a retirada do halogênio pelo metal, produzindo hareto de metal alcalino.



**Nota:** Caso o processo ocorra em meio aquoso em vez de alcoólico, a reação será de eliminação e obteremos um álcool.

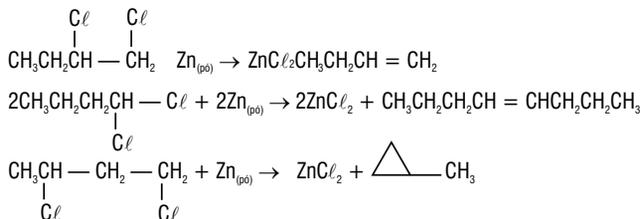
Para as questões com as quais nos depararemos nos concursos, podemos utilizar a regra de que o “produto é contrário ao meio”, ou seja, meio alcoólico favorece formação de água, enquanto meio aquoso favorece formação de álcool.

Contudo, o mecanismo envolvido (eliminação ou substituição) depende da estabilidade da espécie intermediária (carbocátion) que se forma durante o processo.



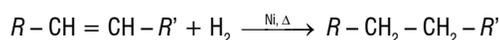
### Desalogenação de derivado dialogenado

Eliminação dos dois átomos de halogênio de um derivado dialogenado pelo tratamento com zinco em pó. Se o derivado for vicinal, o produto será um alceno com manutenção de cadeia carbônica. Em caso de derivado geminado, ocorre formação de um alceno com duplicação de cadeia. Caso o derivado seja isolado, haverá formação de ciclo.



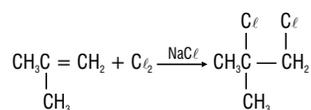
## 4.4 Principais reações dos alcenos: adição eletrofílica e adição via radicais livres

### Redução catalítica ou hidrogenação

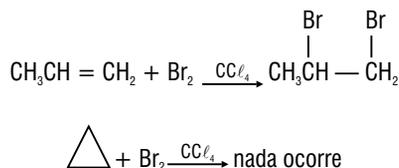


## Halogenação

Quebra da ligação  $\pi$  sob a ação de  $X_2$  ( $X$  é halogênio) em presença de haleto alcalino que, em geral, contém o halogênio adicionado. Ocorre formação de derivado dihalogenado vicinal.

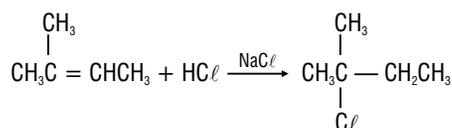


**Obs.:** Uma solução denominada água de bromo, constituída de  $\text{Br}_2$  dissolvido em  $\text{CCl}_4$  e que apresenta coloração vermelha, é um dos métodos utilizados para diferenciar alcenos de cicloalcanos. O composto que apresentar ligação  $\pi$  descora a água de bromo devido à adição dos halogênios (resposta positiva ao teste). Compostos que não apresentarem essa ligação são inertes perante a solução, não a descolorando (resposta negativa ao teste). Essa reação ocorre via adição de radicais livres, pois o catalisador é apolar.



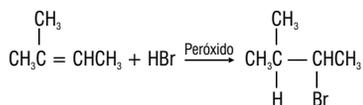
## Hidroalogenação

Quebra da ligação  $\pi$  de um alceno pela ação de um hidrácido halogenado e catalisado por haleto de metal alcalino que contenha o mesmo halogênio que será adicionado. Os produtos são derivados monoalogenados saturados que seguem a regra de Markovnikov.

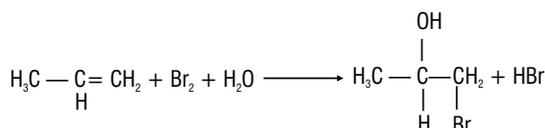


**Obs.:** Efeito Kharasch-Mayo:

Na reação entre um alceno e  $\text{HBr}$  em presença de peróxido orgânico (peróxido de benzoila) o produto da reação é contrário à regra de Markovnikov. Ocorre uma cisão homolítica (catalisador apolar) e as partículas são adicionadas de acordo com seu tamanho, ou seja, o bromo entra no carbono que tiver mais espaço – o mais hidrogenado – e o hidrogênio entra no menos hidrogenado. Na prática só o  $\text{HBr}$  apresenta esse comportamento, ou seja, outro haleto de hidrogênio na presença de peróxidos seguirá a regra de Markovnikov, essa regra é chamada de **Regra de Kharasch-Mayo**.

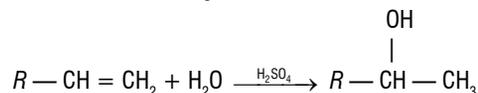


## Formação de halodrina ou halogenidrina:



## Hidratação

Quebra da ligação  $\pi$  sob a ação da água utilizando  $\text{H}_2\text{SO}_4$  como catalisador. Um maior rendimento é conseguido obedecendo-se à regra de Markovnikov, segundo a qual a partícula negativa entra no carbono menos hidrogenado da insaturação.



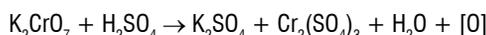
## Oxidação

Aumento do número de ligações de carbono com oxigênio.

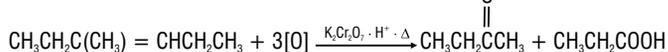
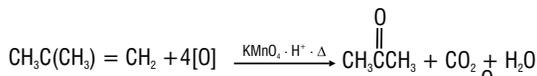
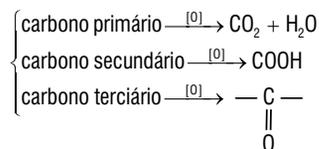
- Oxidação enérgica:** Tratamento do hidrocarboneto por mistura oxidante. As principais misturas oxidantes são a mistura sulfomangânica ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4$  concentrado, à quente) e a mistura sulfocrômica ( $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  concentrado, à quente). Essas misturas produzem oxigênio atômico ( $[\text{O}]$ ), o qual provoca a quebra total da insaturação (ligações  $\sigma$  e  $\pi$ ), oxidando os carbonos insaturados do composto.

**Nota:**

- Qualitativamente temos:

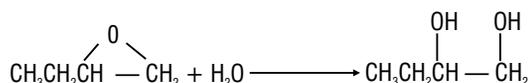
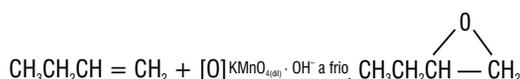


- Dependendo do tipo de carbono presente na insaturação, podemos ter diferentes tipos de produtos na oxidação, logo, caso tenhamos nas duplas:

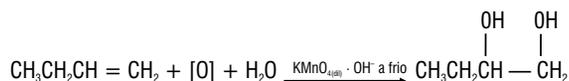


- Oxidação Branda (Reativo de Bayer):** O Reativo de Bayer é uma solução diluída de  $\text{KMnO}_4$ , a frio e em meio básico, que apresenta coloração violeta. É um segundo teste usado, principalmente, para diferenciar alcenos de ciclanos, pois os compostos que apresentam ligação  $\pi$  descoram o reativo adicionando hidroxilas nos carbonos de dupla-ligação, formando um diol vicinal (glicol).

Um possível mecanismo para explicar a formação do glicol é:

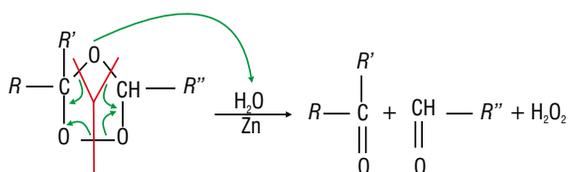
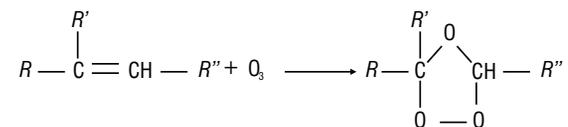
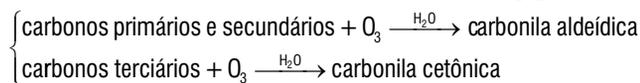


Simplificadamente:

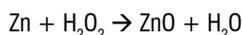


### Ozonólise:

Reação de um alceno seguida de hidrólise, em que a insaturação é quebrada totalmente e cada carbono de dupla-ligação será transformado numa carbonila e há formação de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

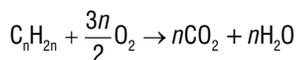


**Nota:** A presença de zinco inibe a ação oxidante do peróxido de hidrogênio formado. Esse, caso não fosse inibido, poderia oxidar aldeídos formados, gerando ácidos carboxílicos ou dióxido de carbono.



### Combustão

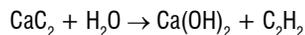
Queima total de um alceno em presença de oxigênio do ar atmosférico, produzindo CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, além de calor. Em caso de combustão incompleta, ocorre formação de CO.



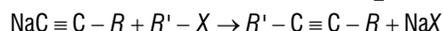
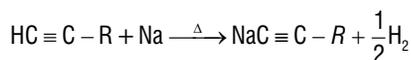
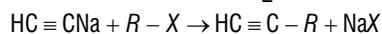
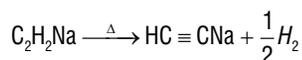
## 4.5 Síntese de alcinos

### Hidrólise do carbureto de cálcio (CaC<sub>2</sub>)

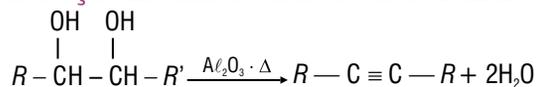
Essa reação produz o principal alcino verdadeiro, que é o acetileno.



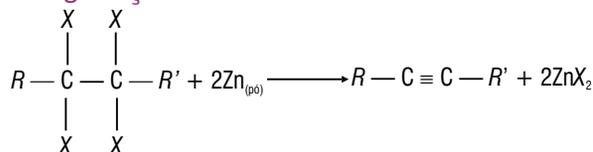
**Obs.:** O acetileno é um alcino verdadeiro (carbono primário de tripla) e, quando tratado por sódio metálico aquecido, pode sofrer mono ou dissustituição, formando acetileno ácido de sódio ou acetileno de sódio, respectivamente. Os acetiletos, quando tratados por haletos, poderão produzir os demais alcinos.



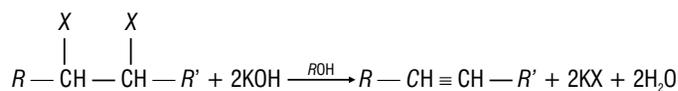
### Desidratação intramolecular de diol vicinal



### Desalogenação de tetra-haletos vicinais



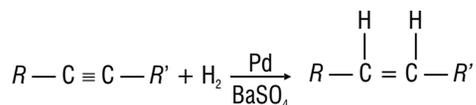
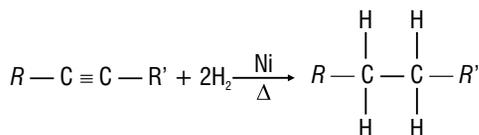
### Desidroalogenação de di-haletos vicinais



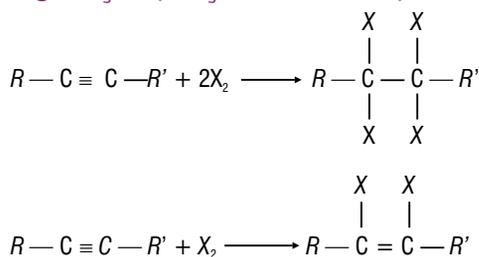
## 4.6 Principais reações dos alcinos

### Redução catalítica ou hidrogenação

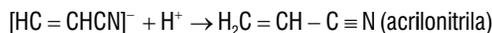
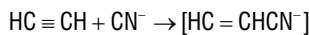
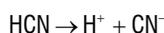
(Já vista quando estudamos alcanos)



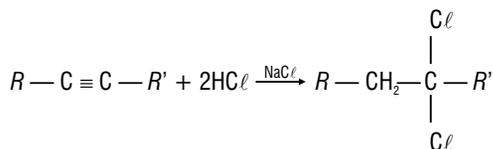
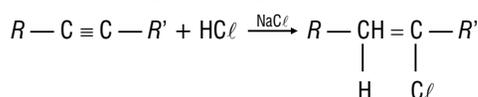
### Halogenação (adição eletrofílica)



### Reação com HCN (adição nucleofílica)

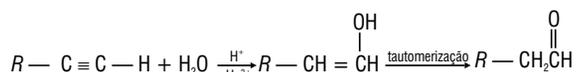
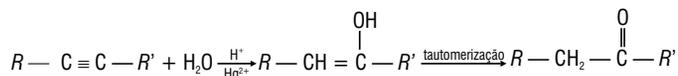


### Hidroalogenação (adição eletrofílica)



## Hidratação

Reação entre quantidades equimolares de alcino e água. Inicialmente forma-se enol, que é instável e sofre tautomerização, transformando-se em carbonila. Enóis primários produzem aldeídos e enóis secundários produzem cetonas.



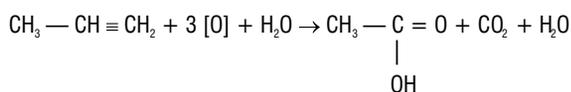
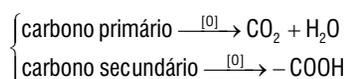
## Trimerização do acetileno

Aquecimento (em torno de 500°C) do acetileno em presença de ferro metálico como catalisador. Ocorre a união de três moléculas iguais, produzindo o benzeno.



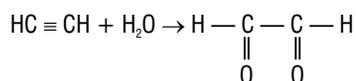
## Oxidação enérgica

Tratamento do hidrocarboneto por mistura oxidante sulfomangânica ou sulfocrômica, transformando os carbonos de tripla em:



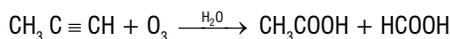
## Oxidação branda

Tratamento do hidrocarboneto por solução aquosa diluída de permanganato de potássio em meio alcalino ou levemente básico, transformando os carbonos de tripla em carbonilas:



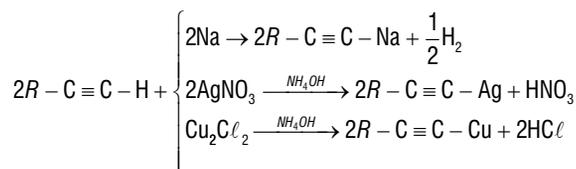
## Ozonólise

Na ozonólise de alcino cada átomo de carbono de tripla transforma-se em carboxila.

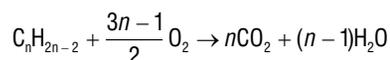


## Reações particulares dos alcinos verdadeiros

O alcino verdadeiro possui H polarizado que pode ser substituído por metal, formando acetiletos. O alcino falso não reage.

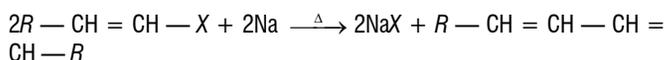


## Combustão

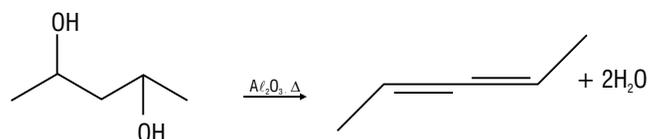


## 4.7 Síntese de alcadienos

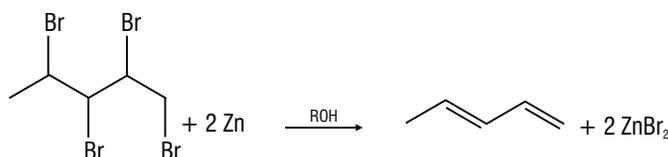
### Síntese de Wurtz



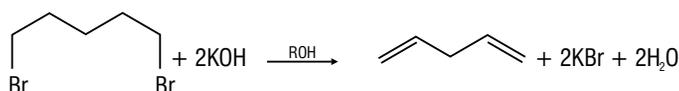
### Desidratação intramolecular de diol conjugado ou de diol isolado



### Desalogenação de tetra-haletos



### Desidroalogenação de di-haletos

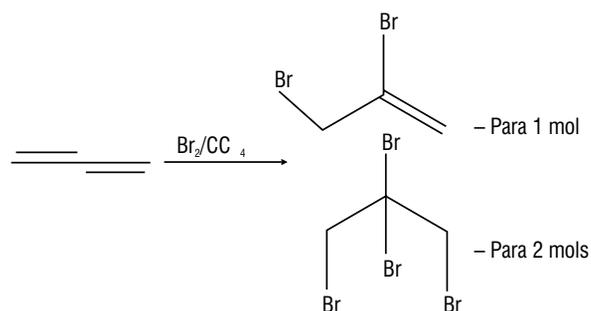
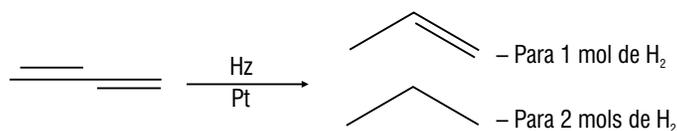


## 4.8 Principais reações dos alcadienos

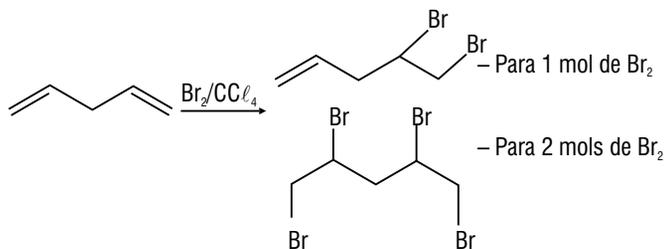
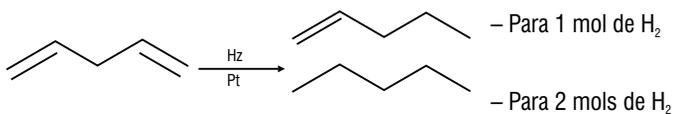
Alcadienos sofrem adições e oxidações, de maneira geral, como alcenos. Destacamos alguns casos que requerem maior atenção:

### Hidrogenação e halogenação

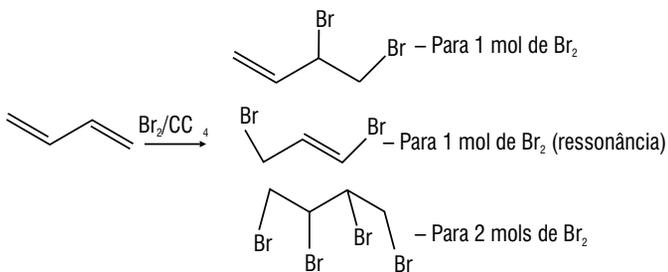
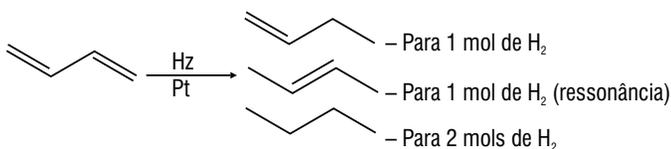
Dienos acumulados:



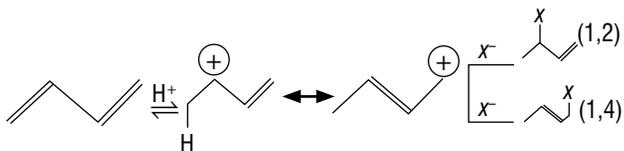
Dienos isolados:



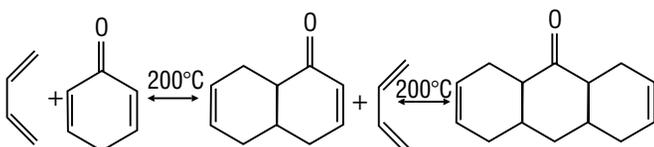
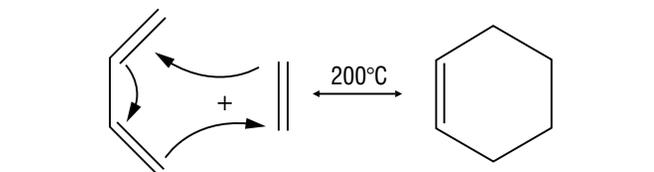
Dienos alternados (conjugados):



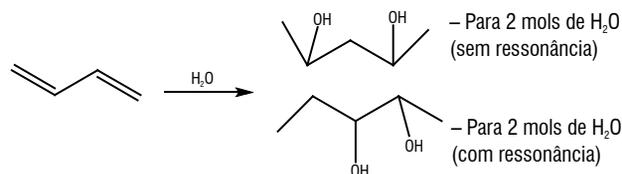
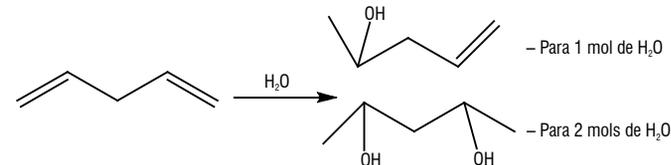
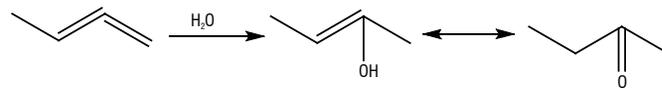
**Nota:** Nos casos em que temos ressonância, ocorre o que chamamos de adição 1,4, que é característica dos dienos conjugados. Essa adição gera o produto mais estável (produto termodinâmico). No caso de adição nas posições 1 e 2, temos um produto formado de maneira mais rápida (produto cinético), porém menos estável.



Adição de Diels Alder



Hidratação



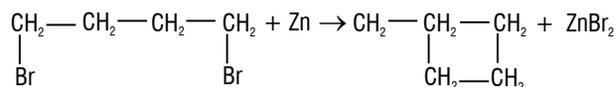
Oxidações e ozonólise

Similar a alcenos.

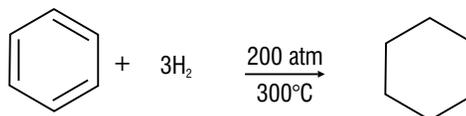
Atenção para os dienos acumulados: na oxidação branda, o carbono sp produzirá carbonila; Na oxidação enérgica e na ozonólise, o carbono sp produzirá CO<sub>2</sub>.

### 4.9 Síntese de cicloalcanos

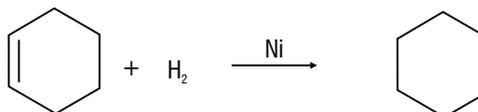
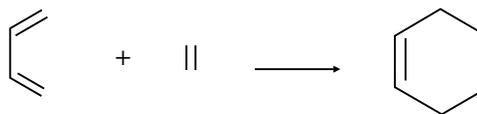
Desalogenação de di-haletos isolados ou alternados



Hidrogenação de aromáticos



Adição de Diels Alder, seguida de hidrogenação



### 4.10 Principais reações dos cicloalcanos

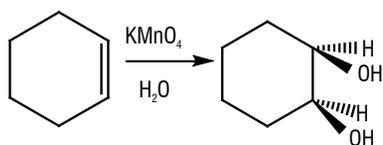
CICLANO	H <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>	HX
	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> Adição (Ni; 120°C)	X-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -X Adição	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -X Adição
	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> Adição (Ni; 200°C)	X-CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -X Adição	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -X Adição
	Adição muito difícil	+ HX Substituição	Não há reação
	Adição muito difícil	+ HX Substituição	Não há reação

### 4.11 Síntese de cicloalcenos

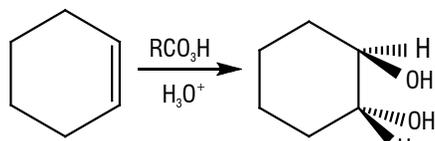
Para obter cicloalcenos, podemos sintetizar o cicloalcano correspondente, fazer uma halogenação e posteriormente uma desidroalogenação.

### 4.12 Principais reações dos cicloalcenos

Cicloalcenos reagem, de maneira geral, como alcenos. Merecem destaque as seguintes reações:



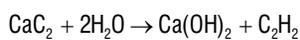
(Hidroxilação sin – Presença de permanganato)



(Hidroxilação anti – Presença de perácido)

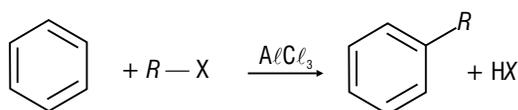
### 4.13 Síntese de hidrocarbonetos aromáticos

A partir do CaC<sub>2</sub>

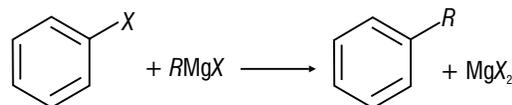


Friedel-Crafts (alquilação)

Reação entre um hidrocarboneto aromático e derivado halogenado em presença de AlCl<sub>3</sub> anidro.



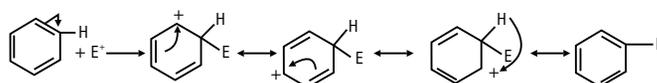
### Método de Grignard



**Nota:** Industrialmente os hidrocarbonetos aromáticos são obtidos a partir de alguns tipos de petróleo e principalmente a partir da hulha (tipo de carvão vegetal). A fração que contém os compostos aromáticos é o alcatrão da hulha.

### 4.14 Principais reações dos hidrocarbonetos aromáticos

Reação característica: substituição eletrofílica.

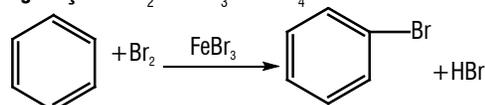


### Reações de Friedel Crafts:

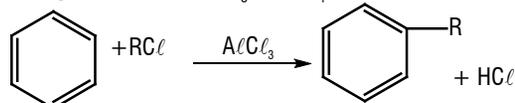
Catalisadores: AlCl<sub>3</sub> ou FeCl<sub>3</sub> (ácidos de Lewis);

Subproduto: HX;

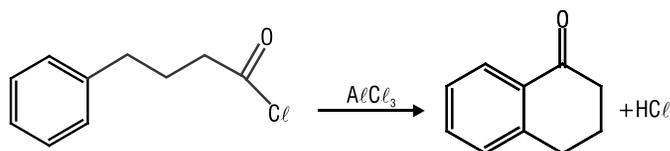
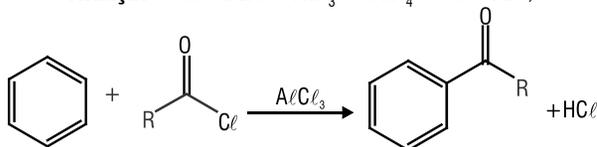
• **Halogenação** → X<sub>2</sub> + AlX<sub>3</sub> → AlX<sub>4</sub><sup>-</sup> + X<sup>+</sup>



• **Alquilação** → R-X + AlX<sub>3</sub> → AlX<sub>4</sub><sup>-</sup> + R<sup>+</sup>

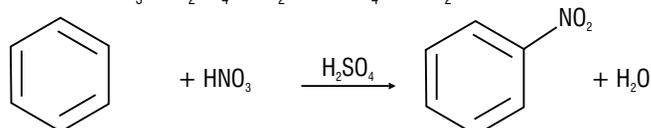
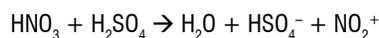


• **Acilação** → R-COX + AlX<sub>3</sub> → AlX<sub>4</sub><sup>-</sup> + R-CO<sup>+</sup>

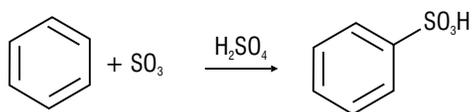
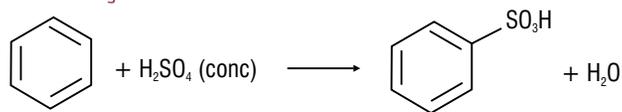


### Nitração

Tratamento de aromático com mistura nitrante (HNO<sub>3</sub> em presença de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

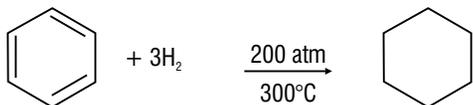


Sulfonação

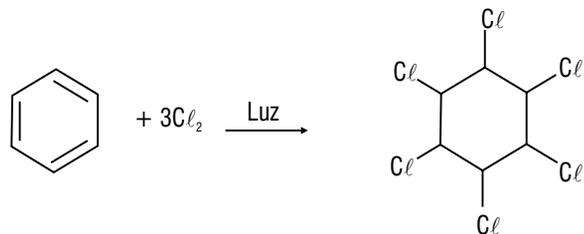


Observações importantes sobre reações com aromáticos:

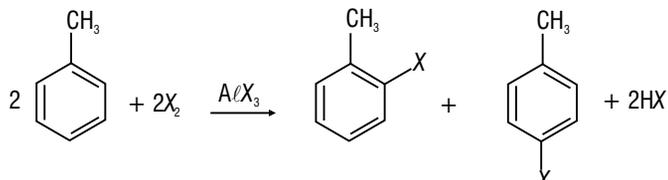
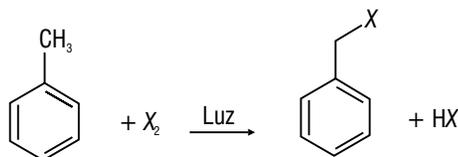
I. A hidrogenação ocorre em condições mais agressivas que nos alcenos e alcinos:



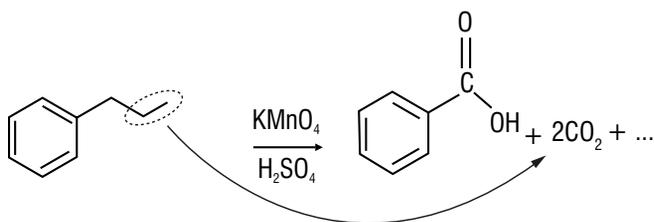
II. Halogenação: Quando tratamos o benzeno por halogênio em presença de luz, a reação obtida será de adição (é uma das poucas reações de adição de anel), Quando o halogênio é o cloro, ocorre a formação de um derivado hexalogenado denominado BHC. Até o final da década de 70, o BHC era o principal inseticida utilizado na agricultura.



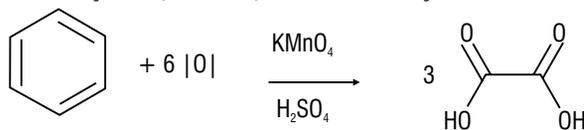
III. Quando tratamos um HC aromático com cadeia alifática com halogênio em presença de luz, a reação será semelhante à halogenação de alcanos: substituímos o H da cadeia alifática mais reativo e menos hidrogenado.



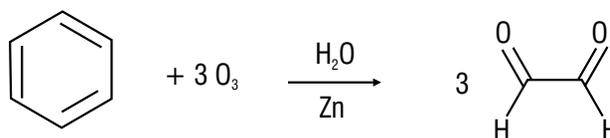
IV. Oxidação enérgica: O anel aromático resiste à ação de mistura oxidante. Ao tratarmos composto aromático ramificado por mistura oxidante, provoca-se oxidação no carbono  $\alpha$  (vizinho ao anel), transformando-o em carboxila. Ocorrendo mais de um carbono  $\alpha$  na estrutura, todos serão oxidados à carboxila. Os outros carbonos presentes na ramificação são degradados a  $\text{CO}_2$ .



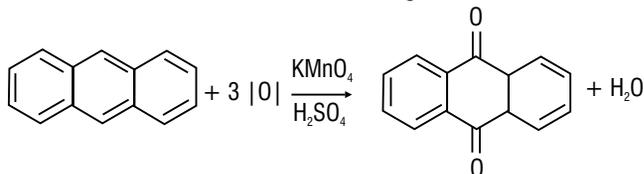
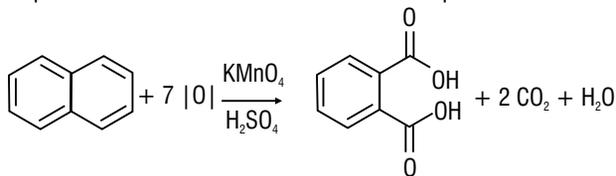
Em condições específicas, pode ocorrer a reação:



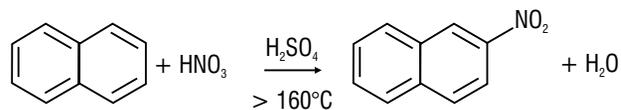
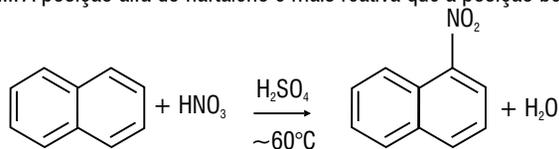
V. Ozonólise: ocorre ozonólise no anel aromático, gerando etanodial.



VI. O anel benzênico não descora a água nem o reativo de Baeyer.  
VII. Os aromáticos polinucleares condensados, quando tratados por misturas oxidantes, sofrem oxidação em um dos anéis. Para o naftaleno, o produto obtido é o ácido ftálico, e para o antraceno, o produto é uma cetona cíclica chamada antraquinona.



VIII. A posição alfa do naftaleno é mais reativa que a posição beta.



IX. O anel oxidado é aquele em que há maior densidade eletrônica, ou seja, em que o efeito de grupamentos eletrônatraentes for maior ou em que o efeito dos grupamentos elétron-repelentes for menor.

X. A presença de grupos substituintes no anel aromático direcionam a próxima substituição.

Podemos dividir os grupos substituintes em duas classes (conforme a respectiva influência no anel):

- Os que tornam o anel mais reativo (grupos doadores de elétrons): grupos ativadores.
- Os que tornam o anel menos reativo (grupos retiradores de elétron): grupos desativadores.

**Grupos ativadores:** fazem com que o reagente eletrofílico entre em uma posição de tal forma que o anel fique com radicais na posição orto-para. São eles:

- Ativadores fortes:  $\text{NH}_2$ ,  $\text{NHR}$ ,  $\text{NR}$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{O}^-$
- Ativadores moderados:  $\text{NHCOCH}_3$ ,  $\text{NHCOR}$ ,  $\text{OCH}_3$ ,  $\text{OR}$
- Ativadores fracos:  $\text{CH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5$ ,  $\text{R}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5$

**Grupos desativadores:** fazem com que o reagente eletrofílico entre em uma posição de tal forma que o anel fique com os radicais em posição meta (exceto os halogênios).

- Desativadores fortes:  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NR}_3^+$ ,  $\text{CF}_3$ ,  $\text{CCl}_3$
- Desativadores moderados:  $\text{CN}$ ,  $\text{SO}_3\text{H}$ ,  $\text{CO}_2\text{H}$ ,  $\text{CO}_2\text{R}$ ,  $\text{CHO}$ ,  $\text{COR}$

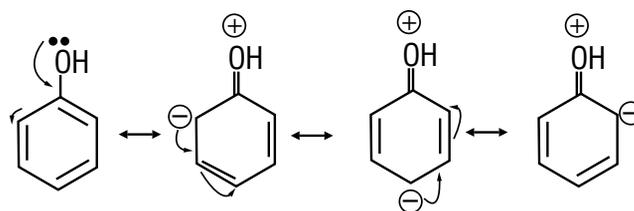
Os grupos desativadores fracos são orientadores orto-para, já que são melhor estabilizados por efeito indutivo. São eles os halogênios ( $\text{F}/\text{Cl}/\text{Br}/\text{I}$ ).

De maneira geral, os radicais saturados (só ligações  $\sigma$  ou que apresentam um único elemento) ligados ao anel aromático aumentam a reatividade do anel. Esses radicais são chamados de ativantes, 1ª ordem ou 1ª classe, orientam novas substituições nas posições orto e para (rendimento um pouco maior) e dificultam substituições em meta. Os radicais insaturados (ligações  $\pi$  e/ou ligação coordenada) ligados ao anel aromático diminuem a reatividade do anel. Esses radicais são chamados de desativantes, 2ª ordem ou 2ª classe, e favorecem as substituições em meta, pois desativam as posições orto e para.

## Introdução a reações

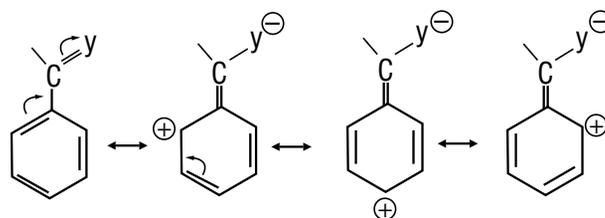
Orientadores orto/para (saturados são os principais)

Densidade negativa maior em o, p, onde entra o eletrófilo.



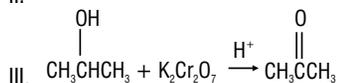
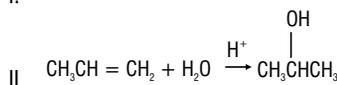
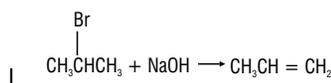
Orientadores meta (insaturados e  $-\text{SO}_3\text{H}$  são os principais)

Densidade positiva maior em o, p, e o eletrófilo entra em m.



### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (UFJF-MG)** Considere as reações I, II e III abaixo:



As reações I, II e III podem ser classificadas, respectivamente, como:

- adição, substituição e redução.
- eliminação, adição e oxidação.
- oxidação, adição e substituição.
- redução, hidrólise e oxidação.
- eliminação, oxidação e hidrólise.

**02 (UFRN)** O oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e o ozônio ( $\text{O}_3$ ) protegem a Terra da radiação ultravioleta, que, em excesso, é prejudicial aos seres vivos. As reações responsáveis por essa proteção são as seguintes:



O buraco na camada de ozônio vem aumentando devido, principalmente, ao alto nível de clorofluorcarbonos (CFCs) lançados na atmosfera pela ação do homem. Usando-se o Freon 12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ) como exemplo, o processo de consumo do  $\text{O}_3$  é mostrado abaixo:

- $\text{CCl}_2\text{F}_2 + \text{fótons} \rightarrow \text{CClF}_2 + \text{Cl}$
- $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$
- $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{Cl} + \text{O}_2$

Considerando-se as reações I, II e III, é correto afirmar:

- a reação II é uma reação de síntese.
- nas reações I, II e III, são formados radicais livres.
- na reação III, a ligação  $\text{C}-\text{F}$ , na molécula de  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ , é iônica.
- as reações I, II e III produzem o mesmo número de moléculas.

**03 (UEPB)** Analise as seguintes equações químicas:

- $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHBr}-\text{CH}_3$
- $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{OH}^- \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{Cl}^-$
- $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{h}\nu} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$

Marque a alternativa que corresponde ao mecanismo de reação representada pelas equações I, II e III, respectivamente:

- Adição eletrofílica, substituição nucleofílica, substituição via radical livre.
- Substituição nucleofílica, substituição via radical livre, adição eletrofílica.
- Substituição via radical livre, adição eletrofílica, substituição nucleofílica  $\text{SN}1$ .
- Adição eletrofílica, substituição via radical livre, substituição nucleofílica  $\text{SN}2$ .
- Eliminação nucleofílica, eliminação, substituição eletrofílica.

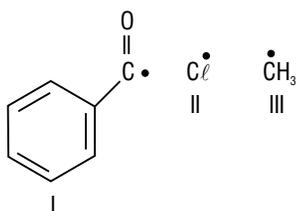
**04 (INTEGRADO-RJ)** As reações orgânicas podem ser classificadas como sendo de adição, substituição e eliminação. Analise as equações químicas apresentadas abaixo:

- $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{KCl}$
- $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Br}_2/\text{CCl}_4 \rightarrow \text{BrCH}_2-\text{CH}_2\text{Br} + \text{CCl}_4$
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{HCl}$

A opção correta é:

- (A) I caracteriza uma reação de adição eletrofílica.
- (B) III caracteriza uma reação de eliminação.
- (C) III caracteriza uma reação de substituição nucleofílica.
- (D) I caracteriza uma reação de hidrogenação.
- (E) II caracteriza uma reação de substituição eletrofílica.

**05 (UFGO)** Radicais são espécies químicas com pelo menos um elétron desemparelhado. Considerando esse conceito e os exemplos abaixo, é correto afirmar:



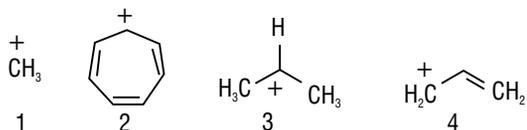
- 01. Radicais podem ser obtidos por cisões heterolíticas.
- 02. Os radicais são instáveis e eletricamente negativos.
- 04. Os radicais são muito reativos, podendo reagir com outros radicais ou com moléculas.
- 08. Reagindo I com II, forma-se um cloreto alquila.
- 16. Uma cetona pode ser obtida reagindo I com III.
- 32. Da combinação de II com III, forma-se um derivado halogenado de massa molecular igual a 32.

Soma: ( )

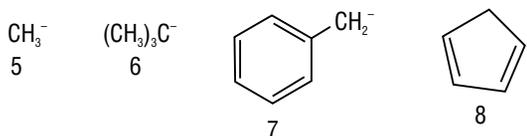
**EXERCÍCIOS NÍVEL 2**

**01** Coloque os seguintes intermediários em ordem crescente de estabilidade. Justifique:

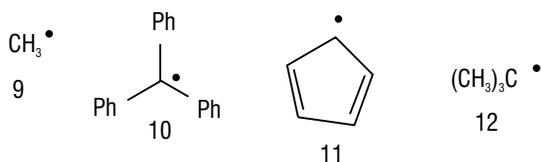
a. Cátions:



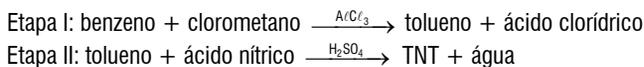
b. Ânions:



c. Radicais:



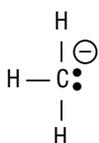
**02 (UERJ)** Vários explosivos apresentam, em sua composição, TNT, sigla correspondente ao 2,4,6-trinitro-tolueno. A síntese dessa substância pode ser realizada em duas etapas descritas a seguir.



O mecanismo reacional das duas etapas, dentre outros fatores, é favorecido por uma propriedade eletrônica apresentada pelo anel benzênico e, também, pela ação catalítica do ácido sulfúrico, que é mais forte do que o ácido nítrico.

- a. Identifique a propriedade eletrônica apresentada pelo benzeno e classifique, quanto ao mecanismo da partícula reagente, a reação ocorrida na etapa I.
- b. Indique a equação química que representa o equilíbrio ácido-base entre os ácidos que participam da etapa II e a fórmula estrutural plana do ácido sulfúrico.

**03 (MACK-SP)** Com relação ao íon abaixo, podemos afirmar:



- (A) É um carbocátion.
- (B) Formou-se por cisão heterolítica.
- (C) É estável.
- (D) O átomo de carbono é menos eletronegativo que o átomo de hidrogênio.
- (E) Formou-se por cisão homolítica.

**04 (UFSC)** A noção de agente nucleófilo e agente eletrófilo, em reações orgânicas, envolve os conceitos de ácidos e base de Brønsted-Lowry. Assinale a(s) espécie(s) que podem funcionar como agente nucleófilo.

- 01. OH<sup>-</sup>
- 02. OR<sup>-</sup> (R = radical orgânico)
- 04. :NH<sub>3</sub>
- 08. ZnCl<sub>2</sub>
- 16. H<sup>+</sup>

Soma: ( )

**05 (PUC-SP)** Das ligações abaixo, qual tem a maior tendência de sofrer ruptura heterolítica?

- (A) CH<sub>3</sub> – N
- (B) CH<sub>3</sub> – CH<sub>3</sub>
- (C) CH<sub>3</sub> – NO<sub>2</sub>
- (D) CH<sub>3</sub> – NH<sub>2</sub>
- (E) CH<sub>3</sub> – F

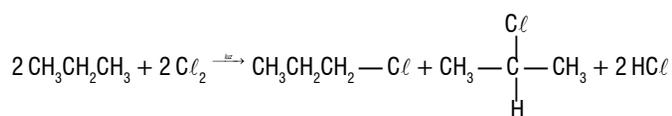
**Reações de alcanos**

**EXERCÍCIOS NÍVEL 1**

**01 (PUC-PR)** A monocloração do 2-metilpentano pode fornecer vários compostos, em proporções diferentes. Dos compostos monoclorados, quantos apresentarão carbono quiral ou assimétrico?

- (A) 4.
- (B) 5.
- (C) 1.
- (D) 2.
- (E) 3.

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



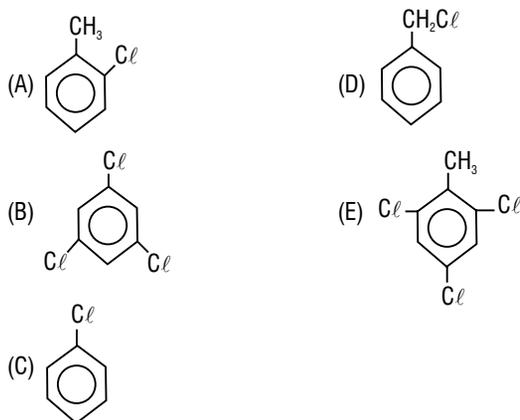
Na reação do cloro gasoso com 2,2-dimetilbutano, em presença de luz, o número de compostos monoclorados que podem ser formados e que não possuem, em sua molécula, carbono assimétrico é:

- (A) 1. (D) 5.  
(B) 4. (E) 3.  
(C) 2.

**03 (ITA-SP)** Uma mistura de 300 mL de metano e 700 mL de cloro foi aquecida no interior de um cilindro provido de um pistão móvel sem atrito, resultando na formação de tetracloreto de carbono e cloreto de hidrogênio. Considere todas as substâncias no estado gasoso e temperatura constante durante a reação. Assinale a opção que apresenta os volumes corretos, medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão, das substâncias presentes no cilindro após reação completa.

	Volume metano (mL)	Volume cloro (mL)	Volume tetracloreto de carbono (mL)	Volume cloreto de hidrogênio (mL)
(A)	0	0	300	700
(B)	0	100	300	600
(C)	0	400	300	300
(D)	125	0	175	700
(E)	175	0	125	700

**04 (INTEGRADO-RJ)** As reações de substituição do tolueno com  $\text{Cl}_2$  podem gerar diferentes produtos, dependendo das condições em que ocorram. No caso em que essa substituição é realizada com aquecimento e na presença de luz, o produto orgânico formado é:



**05 (UFG-GO)** Os hidrocarbonetos saturados apresentam pouca reatividade, sendo, por isso, chamados parafínicos. Podem, entretanto, sofrer reação de substituição radicalar, como a halogenação.

- a. Escreva a equação de substituição radicalar entre o alcano de menor massa molar e o cloro molecular.  
b. Escreva os nomes **IUPAC** dos possíveis produtos dessa reação.

**06 (PUC-RJ)** A reação abaixo foi realizada na presença de luz:



Seus principais produtos são:

- (A)  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{Br} + \text{HBr}$   
(B)  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCHBr} + \text{H}_2$   
(C)  $(\text{CH}_3)(\text{CH}_2\text{Br})\text{CHCH}_3 + \text{HBr}$   
(D)  $(\text{CH}_3)_2\text{CBrCH}_3 + \text{HBr}$   
(E)  $(\text{CH}_2\text{Br})_2\text{CHCH}_3 + \text{H}_2$

**07 (UFCE)** Quantos compostos diclorados podem ser obtidos a partir do metilpropano?

- (A) 1. (D) 4.  
(B) 2. (E) 5.  
(C) 3.

**08 (MACKENZIE-SP)** Do butano, gás utilizado para carregar isqueiros, fazem-se as seguintes afirmações.

- I. Reage com o cloro por meio de reação de substituição.  
II. É isômero de cadeia do metil-propano.  
III. Apresenta, no total, treze ligações covalentes simples.

Dessas afirmações:

- (A) somente I está correta.  
(B) somente II e III estão corretas.  
(C) somente I e II estão corretas.  
(D) somente I e III estão corretas.  
(E) I, II e III estão corretas.

**09 (UFPB-PB)** A fórmula molecular do composto  $\text{R} - \text{Cl}$  (em que  $\text{R}$  é um radical alquila), usado na obtenção do alcano de massa molecular 86, pelo método de Wurtz, é:

- (A)  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$   
(B)  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$   
(C)  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$   
(D)  $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$   
(E)  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{Cl}$

**10 (ITA-SP)** 13,7 g de um brometo de alquila é aquecido com sódio metálico em excesso. Forma-se 0,05 mol de um hidrocarboneto. O hidrocarboneto pode ser:

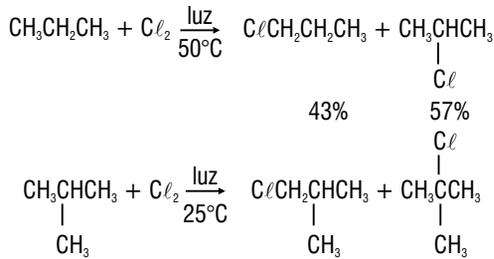
- (A) propano.  
(B) iso-butano.  
(C) 2-Metilbutano.  
(D) iso-octano.  
(E) 2,5-dimetilhexano.

**11 (PUC-RJ)** Da reação do sódio metálico com uma mistura de iodo metano e iodo etano, obtém-se:

- (A) propano.  
(B) etano.  
(C) butano.  
(D) etano + propano.  
(E) etano + propano + butano.

EXERCÍCIOS NÍVEL 2

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



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

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

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

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

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

**02 (UNESP-SP)** O composto orgânico 2,2-dimetil-3-metil-butano é um hidrocarboneto saturado que apresenta cadeia orgânica acíclica, ramificada e homogênea. Escreva a reação de cloração desse hidrocarboneto, considerando apenas a obtenção do produto formado em maior quantidade.

**03** Na monoalogenação de metilpropano em presença de luz, obteve-se o composto orgânico A, que reagiu em seguida com sódio metálico, formando o composto B. A e B são, respectivamente:

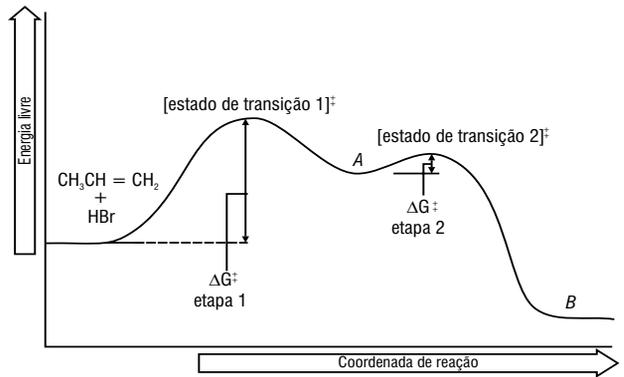
**04** Na reação de Wurtz, um haleto de alquila reage com sódio metálico produzindo um alcano. Dê os produtos das reações abaixo:

- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} + 2 \text{Na} \rightarrow$
- $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl} \rightarrow$

Reações de alcenos

EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (UEG-GO)** Os alcenos são compostos químicos utilizados como matéria-prima na fabricação de produtos com as mais variadas aplicações industriais. A reatividade de suas moléculas está associada à presença de uma ligação dupla, na qual os elétrons π(pi) são susceptíveis ao ataque de vários reagentes químicos. Sobre a reação dos alcenos, e considerando o gráfico abaixo, que descreve a variação da energia durante as etapas de reação do 1-propeno com HBr, julgue as afirmações posteriores.



- O composto A é um carbocátion.
- Se B é o produto principal da reação, então ele é o 2-bromopropano.
- A etapa 1 é mais lenta que a etapa 2.

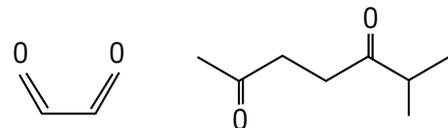
Assinale a alternativa correta:

- Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
- Apenas as afirmações II e III são verdadeiras.
- Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.
- Todas as afirmações são verdadeiras.

**02** Indique a fórmula do principal produto que se obtém tratando 2-metil-2-buteno com:

- H<sub>2</sub> em presença de platina.
- água em meio ácido.
- KMnO<sub>4</sub> em meio de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- bromo (Br<sub>2</sub>).

**03 (UFMA)** O terpineno é um monoterpeno de aroma agradável extraído do óleo de manjeriço. A hidrogenação catalisada por paládio consome 2 moles de hidrogênio, produzindo um composto de fórmula molecular C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O. A ozonólise e redução com zinco/ácido acético fornece dois compostos:



Assinale a opção que mostra a estrutura do terpineno:

- 
- 
- 
- 
-

**04 (PUC-PR)** A reação de ozonólise dos alcenos produzirá como produto moléculas de:

- (A) álcoois ou fenóis.  
 (B) cetonas ou aldeídos.  
 (C) álcoois ou ácidos carboxílicos.  
 (D) cetonas ou ácidos carboxílicos.  
 (E) diálcoois ou ácidos carboxílicos.

**05 (UFMS)** A tabela que segue apresenta vários alcenos que foram tratados com ozona,  $O_3$ , seguido por zinco e água, originando como produtos aldeídos e/ou cetonas.

- I.  $CH_3 - CH_2 - C(CH_3) = CH - CH_2 - CH_3$   
 II.  $CH_3 - (CH_2)_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$   
 III.  $CH_3 - (CH_2)_2 - CH = C(CH_3) - CH_2 - CH_3$   
 IV.  $CH_3 - (CH_2)_3 - CH = CH - (CH_2)_3 - CH_3$   
 V.  $C(CH_3)_2 = CH - (CH_2)_2 - CH_3$   
 VI.  $CH_3 - C(CH_3) = C(CH_3) - CH_3$

Com base nas informações fornecidas, é correto afirmar que:

01. os alcenos denominam-se, respectivamente: 3-metil-3-hexeno; 3-octeno; 3-metil-3-hepteno; 5-deceno; 2-metil-2-hexeno e 2,3-dimetil-2-buteno.  
 02. o composto IV originou um único aldeído, enquanto o composto VI, uma única cetona.  
 04. os compostos I, III e V originaram unicamente cetonas.  
 08. os compostos II, IV e VI originaram unicamente aldeídos.  
 16. os compostos I, II, III e V originaram aldeídos e cetonas.

Soma: ( )

**06 (CESGRANRIO)** Um alceno X foi oxidado energeticamente pela mistura sulfomangânica. Os produtos da reação foram butanona e ácido metilpropanoico. Logo, o alceno X é:

**07** Um produto orgânico X apresenta as seguintes propriedades:

- dá teste de Bayer positivo (descoloramento de solução aquosa diluída fria de  $KMnO_4$ , fracamente alcalina);
- reage com  $HCl$  dando cloro-2-dimetil-2,4-hexano;
- reage com HBr, na presença de peróxidos, dando cloro-3-dimetil-2,4-hexano.

Pede-se:

- a. a fórmula estrutural plana e a nomenclatura do composto X.  
 b. a fórmula estrutural plana e a nomenclatura do produto de adição da reação com o reagente de Bayer.

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

- a. Qual a fórmula estrutural desse hidrocarboneto?  
 b. Escreva a equação da reação desse hidrocarboneto com o  $Br_2$ .

**09 (UFMS)** É dada a seguir uma série de diferentes reagentes com o eteno.

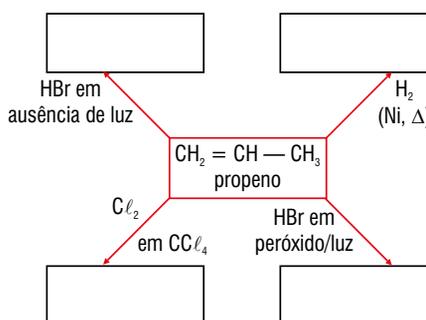
- I.  $CH_2 = CH_2 + H_2O/H^+ \rightarrow$   
 II.  $CH_2 = CH_2 + H_2SO_{4(conc.)} \rightarrow$   
 III.  $CH_2 = CH_2 + NaOH/OH^- \rightarrow$   
 IV.  $CH_2 = CH_2 + Br_{2(l)}/luz \rightarrow$

Assinale a alternativa em que consta(m) a(s) série(s) cujos reagentes **não** levam à formação de produtos:

- (A) I e II. (D) Somente II.  
 (B) Somente IV. (E) I, II e IV.  
 (C) Somente III.

**10 (UFRN)** O propeno é um gás proveniente da indústria do petróleo. Esse gás pode dar origem a várias outras substâncias através de reações químicas. Ele é usado principalmente na fabricação do polipropileno (PP), um dos mais importantes polímeros da atualidade. O PP, por ser um termoplástico, pode sofrer recuperação secundária, podendo ser remoldado e reutilizado, reduzindo os problemas de poluição ambiental provenientes do lixo plástico.

- a. Complete o esquema, inserido no espaço destinado à resposta, com a fórmula estrutural e o nome dos principais produtos da reação do propeno com os reagentes indicados.



- b. Escreva a reação de obtenção do PP e classifique-o de acordo com esse tipo de reação.

**11 (UERJ)** Os alcenos, ao sofrerem reação de oxidação enérgica com solução de permanganato de potássio, aquecida e acidulada, produzem diferentes compostos de carbono, como gás carbônico, cetonas e ácidos carboxílicos. Analisando os produtos dessa reação, pode-se identificar o alceno reagente e determinar a posição de sua insaturação. Considere que a oxidação de 3,50 g de um alceno tenha produzido uma cetona e 1,12 L de gás carbônico, medidos nas CNTP. Em relação ao alceno reagente:

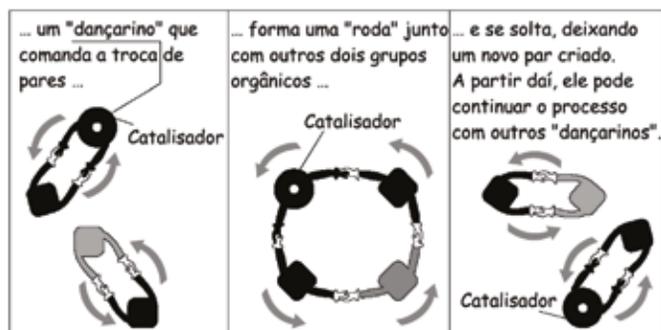
- a. classifique seus átomos de carbono insaturados como primário, secundário ou terciário.  
 b. apresente sua fórmula estrutural plana e indique o nome oficial do aldeído de cadeia normal isômero da cetona produzida.

## EXERCÍCIOS NÍVEL 2

**01 (UNIMAR-SP)** O  $\beta$ -caroteno é um pigmento amarelo presente na cenoura e em muitas outras plantas, e é um polieno com fórmula molecular  $C_{40}H_{56}$ . A hidrogenação completa do  $\beta$ -caroteno fornece um hidrocarboneto saturado com fórmula molecular  $C_{40}H_{78}$ . Quantas ligações duplas e quantos anéis estão presentes no  $\beta$ -caroteno, respectivamente?

- (A) 11 e 4.  
 (B) 22 e 2.  
 (C) 22 e 1.  
 (D) 22 e 4.  
 (E) 11 e 2.

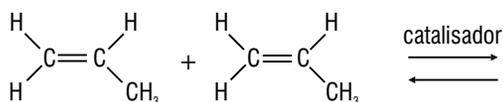
**02 (UFTM-MG)** Dança de moléculas rende prêmio Nobel de Química de 2005 para o francês Yves Chauvin e para os americanos Robert Grubbs e Richard Schrock. Os pesquisadores desenvolveram a metátese, uma espécie de quadrilha molecular. As moléculas com átomos de carbono unidos por ligações duplas trocam as metades de suas estruturas umas com as outras, formando novas moléculas. Para uma melhor compreensão da metátese, a figura representa a dança das moléculas.



A metátese é uma técnica que permite a produção ecologicamente correta de forma simples, rápida e barata de novos compostos orgânicos, como fármacos, plásticos e outras moléculas de interesse industrial.

(Adaptado de Folha de S.Paulo, 6/10/2005.)

a. Considere a ocorrência de reação de metátese para o propeno:

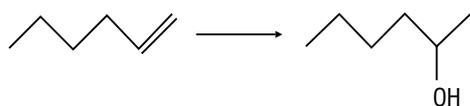


Dentre os produtos formados nessa reação, dois são isômeros entre si. Dê as fórmulas estruturais e os nomes desses isômeros.

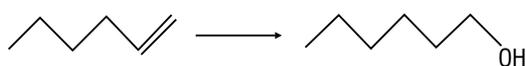
b. Utilizando os conceitos da cinética química, explique a função do catalisador e o significado químico da "roda" formada na dança das moléculas.

**03 (FUVEST-SP)** Uma mesma olefina pode ser transformada em álcoois isoméricos por dois métodos alternativos:

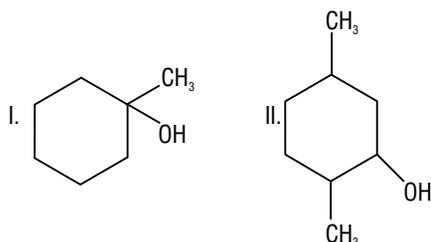
Método A : Hidratação catalisada por ácido:



Método B: Hidroboração:



No caso da preparação dos álcoois



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

- o álcool I.
  - o álcool II.
- Para os itens a e b, caso haja mais de uma olefina ou mais de um método, cite-os todos.
- Copie, na folha de respostas, as fórmulas estruturais dos álcoois I e II e, quando for o caso, assinale com asteriscos os carbonos assimétricos.

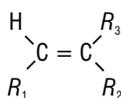
**04 (UEPB)** Quando pesquisadores conseguem obter uma substância por intermédio de uma reação química, diz-se que houve uma síntese. As reações orgânicas, seus mecanismos e as aplicações de seus produtos constituem um campo vasto e ilimitado, sendo responsáveis por uma infinidade de novas descobertas: medicamentos, alimentos, corantes, fibras e diversos outros materiais. É impossível, portanto, desvincular as aplicações dos produtos das reações orgânicas do nosso cotidiano. Analise as proposições abaixo, relacionadas aos diferentes tipos de reações orgânicas:

- Um método útil de preparação de álcoois é por meio da hidrólise de alcenos, em meio ácido.
- Paul Sabatier juntamente com J. B. Senderens descobriram o processo de hidrogenação catalítica dos óleos, transformando-os em gorduras sólidas, que conhecemos por margarinas.
- O clorofórmio ( $\text{CHCl}_3$ ), muito utilizado como solvente industrial, foi um dos primeiros anestésicos usados na medicina (com o tempo substituído por outros menos tóxicos) e é obtido por meio de reações de substituição de um alcano.

Marque a alternativa correta:

- Apenas II e III.
- Apenas I.
- Apenas I e III.
- Apenas II.
- Todas estão corretas.

**05 (UFG-GO)** Observe a fórmula geral a seguir:



Sendo  $\text{R}_1 = \text{R}_2 = -\text{CH}_3$  e  $\text{R}_3 = -\text{C}_2\text{H}_5$ , temos a substância A; sendo  $\text{R}_1 = -\text{CH}_3$  e  $\text{R}_2 = \text{R}_3 = -\text{C}_2\text{H}_5$ , temos a substância B; e sendo  $\text{R}_1 = \text{R}_2 = -\text{C}_2\text{H}_5$  e  $\text{R}_3 = -\text{CH}_3$ , temos a substância C.

Sobre essas substâncias é correto afirmar que:

- apenas as substâncias A e C apresentam isomeria cis-trans;
- a substância A é denominada 3-metil-3-hexeno;
- todas as substâncias, por ozonólise, formam cetonas;
- a reação da substância C com  $\text{HCl}$  gasoso produz o 3-metil-3-cloro-hexano;
- formam apenas álcoois terciários por hidrólise ácida.

Soma: ( )

**06 (UFG-GO)** A adição de um ácido halogênio gasoso à dupla-ligação de um alceno produz apenas o 2-cloro-4-metil-hexano.

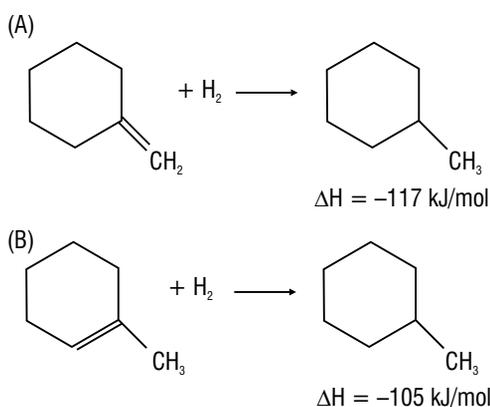
- Escreva a equação que representa essa reação.
- Explique o mecanismo para essa reação.

**07 (UFG-GO)** As reações de hidrólise de alquenos são muito usadas na indústrias para a produção de álcoois. Por exemplo, a hidrólise ácida do metil-propeno pode originar dois produtos diferentes. Pergunta-se:

- Qual a equação química que representa essa reação?
- Qual o produto predominante? Justifique com base na estabilidade dos intermediários.

**08 (UFG-GO)** Haletos de alquilas, compostos importantes em sínteses orgânicas, podem ser obtidos a partir da reação entre alquenos e halogenetos de hidrogênio (HCl, HBr, etc.) sob a forma de gás seco, e não em solução aquosa. Por quê?

**09 (Fuvest-SP)** Considere os seguintes dados:



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

**10 (UNIRIO)** A desidratação de um álcool exige a presença de um ácido e aplicação de calor. Por exemplo, ácido fosfórico e temperatura da ordem de 170°C. Há casos em que ocorre a formação de alguns produtos isômeros, em que um deles predomina sobre os demais, por possuir maior estabilidade. Escreva a reação de desidratação do 3-metil-1-butanol, indicando, apenas, o isômero mais estável.

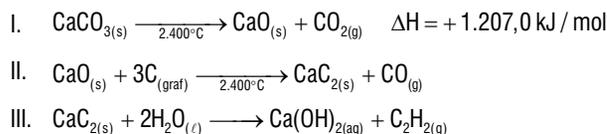
**11 (UNIFESP)** Um composto de fórmula molecular  $C_4H_9Br$  que apresenta isomeria ótica, quando submetido a uma reação de eliminação (com KOH alcoólico a quente), forma como produto principal um composto que apresenta isomeria geométrica (cis e trans).

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

## Reações de alcadienos/alcinos

### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (UFJF-MG)** O etino é conhecido pelo nome trivial de acetileno. Ele pode ser usado como combustível nos chamados maçaricos de oxi-acetileno, uma vez que sua chama é extremamente quente (3.000°C). Do ponto de vista industrial, a partir dele pode-se obter uma infinidade de outros compostos usados para fabricar plásticos, tintas, adesivos, fibras têxteis, etc. Ele pode ser obtido a partir da seguinte sequência de reações:



- O acetileno na forma gasosa é bastante instável e susceptível a explosões. Sua estabilização pode ser obtida por meio de sua solubilização em acetona. Qual a função química do acetileno e qual a característica que faz com que ele seja solúvel em acetona e não em água? Justifique.
- Indique, dentre as substâncias participantes do processo de síntese do acetileno, uma que apresente ligações polares e cuja molécula seja apolar e uma que apresente ligações polares e cuja molécula seja polar.
- A reação I representa um processo exotérmico ou endotérmico? Justifique.
- Na adição de 1 mol de cloro a 1 mol de acetileno, pode-se formar uma substância que admite isômeros geométricos. Escreva a fórmula estrutural dos isômeros citados.
- Calcule o  $\Delta H$  de combustão do acetileno a partir das energias de ligação fornecidas.

Ligação	$H_L$ (kJ/mol)
C — H	412
O = O	496
H — O	463
C = O	743
C $\equiv$ C	837

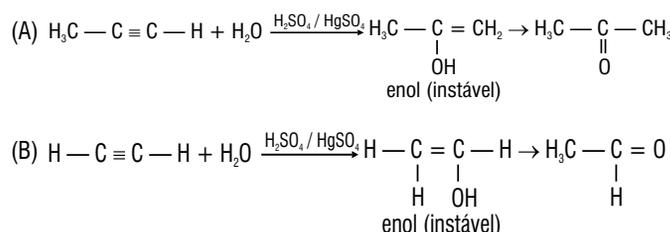
**02 (UFAM-AM)** Os alcinos são compostos que sofrem facilmente reações de adição, sendo considerados muito reativos. Essa característica é devida:

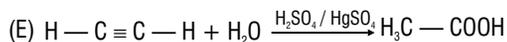
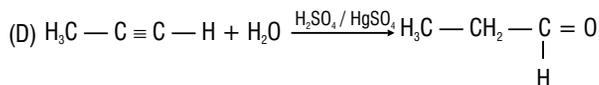
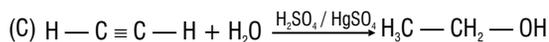
- à presença de uma tripla ligação;
- à existência das ligações  $\pi$ , que são mais fracas;
- ao fato de, na área da tripla ligação, a molécula ser linear e os átomos de carbono apresentarem hibridização  $sp$ ;
- ao fato de o orbital sigma dos carbonos da tripla ligação ser ligante.

Das afirmações acima, as que explicam coerentemente essa característica são:

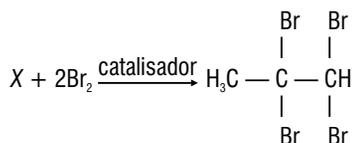
- I, II e IV.
- todas
- I e IV.
- I, II e III.
- I e III.

**03 (UNESP)** Na reação de adição de água em alcinos (reação de hidratação), apenas o etino (acetileno) produz um aldeído (etanal); os demais alcinos produzem cetona em decorrência da regra de Markownikoff. Das reações relacionadas, a que representa a hidratação do etino produzindo etanal é:





**04 (PUC-RJ)** Dada a reação a seguir, conclui-se que o composto X é:



- (A)  $\text{CH}_2\text{CHCH}_3$ . (D)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CCH}$ .  
 (B)  $\text{CH}_2\text{CH}_2$ . (E)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ .  
 (C)  $\text{CH}_3\text{CCH}$ .

**05 (MACKENZIE-SP)** Considerando a reação entre 2-butino e um mol de moléculas de bromo, é correto afirmar que:

- (A) é uma reação de substituição.  
 (B) produz isômeros cis-trans.  
 (C) um dos reagentes é um hidrocarboneto saturado.  
 (D) a molécula de bromo apresenta ângulo diferente de  $180^\circ$ .  
 (E) produz 2,2-dibromo-2-buteno.

**06 (UEPB-PB)** Algumas reações químicas se processam dando origem a produtos, que por serem instáveis, convertem-se rapidamente em compostos isômeros, numa situação de equilíbrio. Um exemplo é a reação de adição de água ao 2-butino ( $\text{CH}_3\text{C} \equiv \text{CCH}_3$ ) para formar um composto A, que logo em seguida produz um composto B até atingir o equilíbrio, que ocorre conforme a equação:  $\text{CH}_3 \equiv \text{CCH}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{A} \rightleftharpoons \text{B}$ . Considerando as informações acima:

- a. complete, no caderno de respostas, a equação, dando as estruturas dos compostos A e B.  
 b. diga como são denominados, especificamente, os isômeros A e B.

**07 (PUC-RJ)** Dada a reação  $\text{X} + 2 \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CBr}_2 - \text{CH}_3$ , assinale a opção que indica a substância X:

- (A) 1-butino. (D) 2-buteno.  
 (B) 2-butino. (E) butadieno.  
 (C) 1-buteno.

**08** Três amostras, A, B e C, de hidrocarbonetos, submetidos ao teste com Reativo de Bayer, forneceram:

- A: Glicol  
 B: Diketona  
 C: Aldo-cetona.

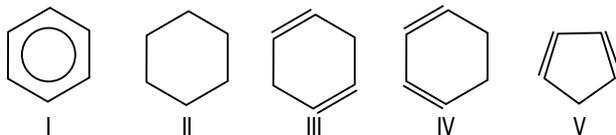
Os compostos A, B e C são, respectivamente:

- (A) alcino verdadeiro, alcino verdadeiro e alcino falso.  
 (B) alceno, alcino verdadeiro e alcino falso.  
 (C) alceno, alcino falso e alcino verdadeiro.  
 (D) alcino falso, alceno e alcino verdadeiro.  
 (E) alceno, alcino falso e alcino falso.

## Reações de ciclanos, ciclenos e aromáticos

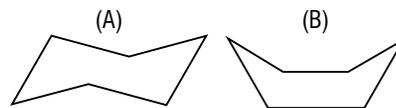
### EXERCÍCIOS NÍVEL 1

**01 (UFAM)** Dos compostos cíclicos abaixo, qual o único que, ao reagir equimolarmente com  $\text{H}_2$ , com as devidas condições reacionais, tem sua estrutura de anel desestabilizada, dando origem a uma cadeia aberta?



- (A) IV. (D) V.  
 (B) I. (E) II.  
 (C) III.

**02 (UEPB-PB)** Com relação ao ciclo-hexano, pode-se afirmar que ele pode ser encontrado em duas formas, segundo as figuras A e B a seguir:



Analise as proposições:

- I. As duas formas mostradas nas figuras A e B são conhecidas como forma de barco e de telhado, respectivamente.
- II. A forma A é mais estável que a B, porque permite maior distanciamento entre os ligantes dos átomos de carbono.
- III. Uma forma pode se transformar na outra em temperatura ambiente e com pequena variação de energia.
- IV. Os átomos de carbono desse ciclanos não estão num mesmo plano.

Estão corretas:

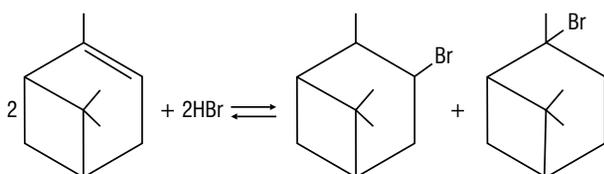
- (A) I, II, III e IV.  
 (B) I, II e IV.  
 (C) II, III e IV.  
 (D) II e IV.  
 (E) I e III.

**03 (UFG-GO)** A combustão completa de uma amostra de um hidrocarboneto de fórmula molecular  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  produziu 11,2 L de  $\text{CO}_2$  nas CNTP. Na ausência de luz, esse hidrocarboneto não reage com solução de bromo.

- a. Determine a massa, em gramas, da amostra de hidrocarboneto.
- b. Proponha uma fórmula estrutural plana, condizente com os fenômenos químicos descritos.

**04 (ITA-SP)** Explique por que a temperatura de hidrogenação de cicloalcanos, catalisada por níquel metálico, aumenta com o aumento da quantidade de átomos de carbono presentes nos cicloalcanos.

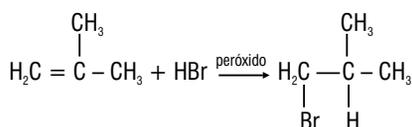
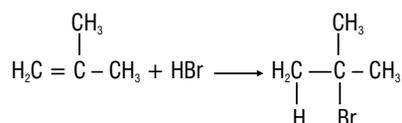
**05 (UFG-GO)** Segundo a *Folha de São Paulo*, uma das substâncias tóxicas encontradas em um aterro sanitário, em Mauá (SP), é o  $\alpha$ -pineno. Essa substância é muito volátil e pode reagir segundo a equação:



Sobre o  $\alpha$ -pineno e a reação representada, julgue os itens:

- I. ( ) Essa reação é uma adição eletrofílica.
- II. ( ) O  $\alpha$ -pineno é volátil por apresentar baixa pressão de vapor.
- III. ( ) Na adição de ácido halogenídrico forma-se uma mistura equimolecular.
- IV. ( ) O produto formado segundo a regra de Markovnikov possui três carbonos assimétricos.

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



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

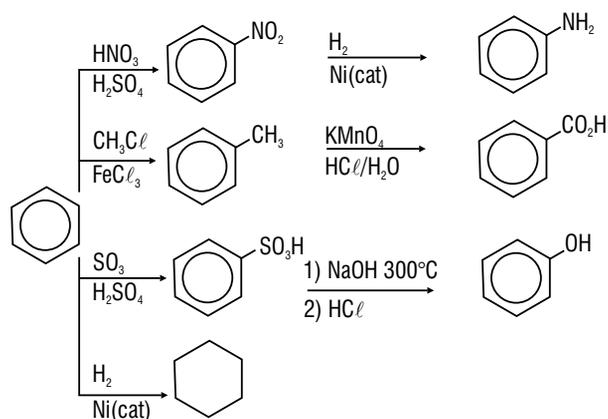
**07 (UMG-MG)** Um composto orgânico A, de fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_6$ , produz, por hidrogenação catalítica, um composto B, não ramificado, de fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

- a. Represente as estruturas dos compostos A e B.
- b. Represente a estrutura de um composto C, que é um isômero de A, mas consome, na reação de hidrogenação completa, apenas 1 mol de hidrogênio por mol de C.
- c. Calcule a massa de hidrogênio que é consumida na reação de 2,7 g do composto A, considerando a sua total transformação em B. (Deixe seus cálculos registrados, explicitando, assim, seu raciocínio.)

**08 (UFF-RJ)** Quando o ciclo-hexanol é tratado com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e aquecimento, há produção de um hidrocarboneto. Esse hidrocarboneto reage com o ácido bromídrico, formando um único produto.

- a. Represente as equações químicas de ambas as reações.
- b. Dê o nome (IUPAC) dos produtos formados em ambas as reações.

**09 (UFSC)** O benzeno, descoberto por Faraday em 1825, é a substância fundamental da química dos aromáticos. É utilizado como ponto de partida na síntese de diversas substâncias:

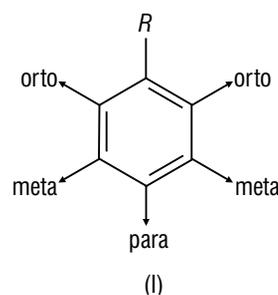


De acordo com as informações fornecidas acima, assinale a(s) proposição(ões) correta(s):

01. O benzeno possui três (3) elétrons pi ( $\pi$ ).
02. O ciclo-hexano pode ser obtido por oxidação do benzeno.
04. A reação de mononitração do benzeno, seguida de redução catalítica do grupo nitro, produz a anilina.
08. O tolueno pode ser obtido a partir do benzeno, por alquilação de Friedel Crafts.
16. A reação de sulfonação do benzeno, seguida de fusão alcalina do ácido benzenossulfônico e acidificação, produz o ciclo-hexano.
32. A reação do tolueno com permanganato de potássio, em meio ácido, produz o ácido benzoico.

Soma: ( )

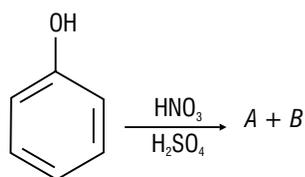
**10 (UNESP)** Considere uma molécula com um anel benzênico na qual houve uma reação de substituição, tendo sido adicionado ao anel um grupo R. Em relação a esse grupo, as outras posições do anel são classificadas como orto, meta e para.



- a. Para  $R = \text{NO}_2$ , escreva a reação balanceada da molécula (I) com excesso de  $\text{Br}_2$ .
- b. Para  $R = \text{CH}_3$ , escreva a reação balanceada da molécula (I) com excesso de  $\text{Cl}_2$ .

## EXERCÍCIOS NÍVEL 2

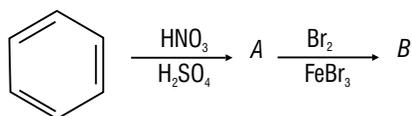
**01 (UEG-GO)** Nas reações de substituição aromática eletrofílica, o grupo ligado ao anel aromático influencia diretamente a posição em que o eletrófilo se ligará no anel. A reação de nitração do fenol é um exemplo dessa reação e leva à formação preferencial dos isômeros A e B. Considerando essa reação, responda aos itens abaixo:



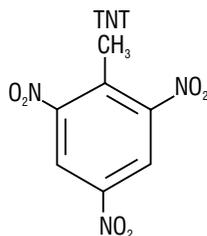
- Classifique o grupo hidroxila como um grupo ativador ou desativador do anel aromático em reações de substituição eletrofílica.
- Considerando a monossustituição do anel aromático, forneça a estrutura dos isômeros *A* e *B*.

**02 (UEG-GO)** Os compostos aromáticos geralmente apresentam baixa polaridade, tendo, desse modo, baixa solubilidade em água. Alguns exalam cheiro agradável. Aliás, o termo aromático deve-se à presença do anel benzênico nos compostos extraídos do benjoim e da baunilha, por exemplo, que têm aroma agradável.

- Considerando-se a fórmula molecular  $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$ , escreva a fórmula estrutural de três compostos aromáticos que sejam isômeros de função.
- Forneça a fórmula estrutural dos principais produtos *A* e *B* para a sequência de reações abaixo: Dado:  $\text{MM}(\text{B}) = 202 \text{ g mol}^{-1}$



**03 (EFOA-MG)** Trinitrotolueno (TNT), representado a seguir, além de ser um sólido amarelo cristalino, instável, é um explosivo muito potente.



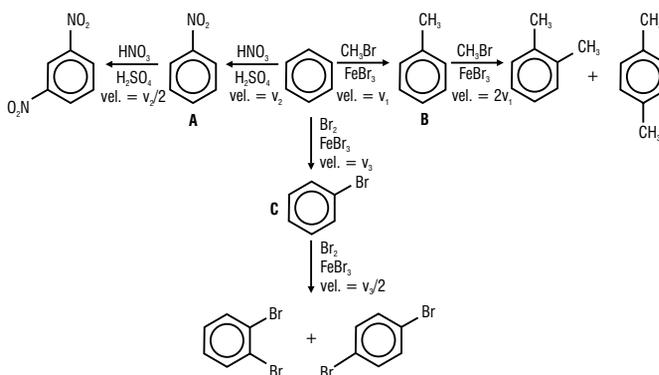
Sobre esse composto, é **incorreto** afirmar que:

- o TNT é preparado pela reação de nitração do tolueno.
- a instabilidade do TNT pode ser explicada pela presença de três grupos nitro ( $\text{NO}_2$ ) doadores de elétrons.
- o ácido nítrico é utilizado na preparação de TNT.
- o anel da molécula de TNT possui 6 elétrons  $\pi$ .
- a molécula de TNT possui um anel aromático tetrassustituído.

**04 (UERJ-RJ)** A anilina (amino-benzeno), um composto químico utilizado na produção de corantes e medicamentos, é sintetizada em duas etapas. Na primeira, reage-se benzeno com ácido nítrico, empregando como catalisador o ácido sulfúrico. A segunda etapa consiste na redução do composto orgânico obtido na primeira etapa. Em relação à anilina, apresente:

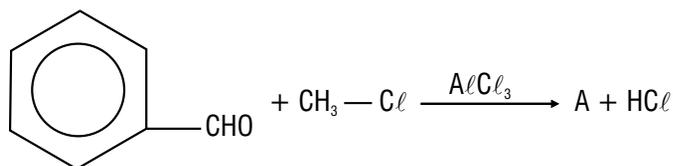
- sua fórmula estrutural;
- a equação química que representa a primeira etapa de seu processo de síntese.

**05 (UFG-GO)** Considere as equações químicas a seguir:



- Classifique o grupo substituinte do anel aromático nas substâncias *A*, *B* e *C*, de acordo com sua influência sobre a reatividade e a orientação de substituição.
- Cite outro grupo que apresente influência sobre a reatividade do anel, semelhante à apresentada pelos presentes em *A* e *B*.

**06 (UESPI)** Analise a reação abaixo e as afirmativas a seguir:

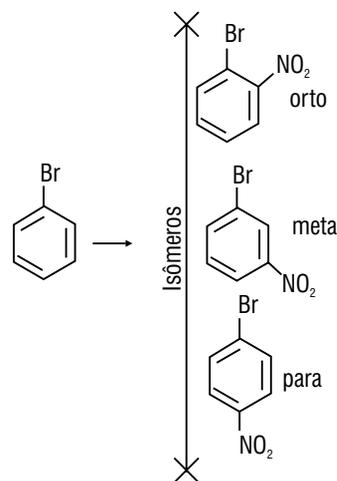


- O grupo  $-\text{CHO}$  é um orientador do tipo metadirigente.
- O produto *A* é o aldeído 3-etil-benzoico.
- A reação é catalisada por um ácido de Lewis.
- Trata-se de uma reação de adição do tipo Friedel-Crafts.
- O produto *A* é predominantemente o aldeído p-etil-benzoico.

Está(ão) correta(s):

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

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

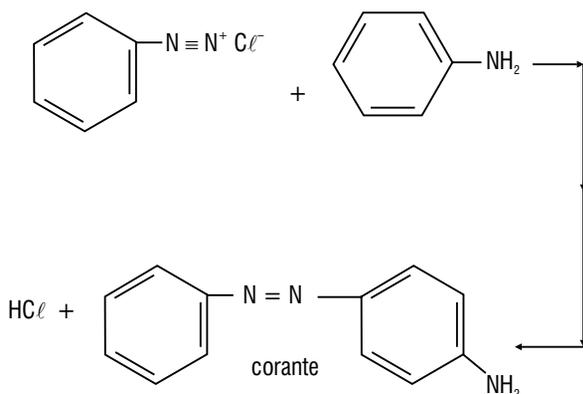


Efetuada-se a nitração do para-dibromobenzeno, em reação análoga, o número de compostos mononitrados sintetizados é igual a:

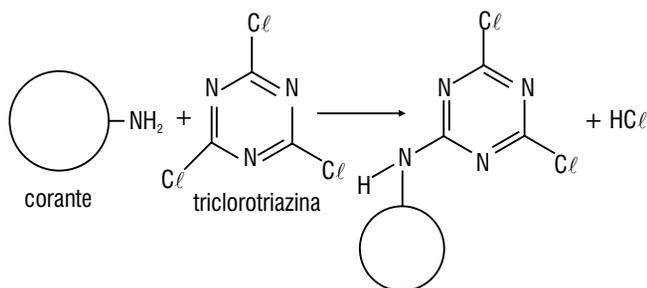
- (A) 1. (D) 4.  
 (B) 2. (E) 5.  
 (C) 3.

**08 (Fuvest-SP)** As equações abaixo representam, de maneira simplificada, o processo de tingimento da fibra de algodão.

Certo corante pode ser preparado pela reação de cloreto de benzenodiazônio com anilina:

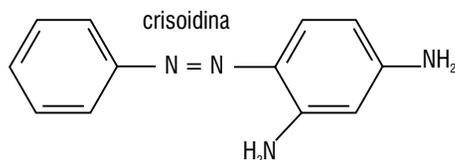


A fixação desse corante, ou de outro do mesmo tipo, à fibra de algodão (celulose) não se faz de maneira direta, mas sim através da triclorotriazina. Abaixo está representada a reação do corante com a triclorotriazina

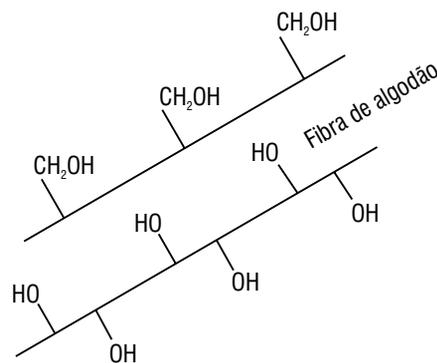


O produto orgânico dessa última reação é que se liga aos grupos OH da celulose, liberando HCl. Dessa maneira:

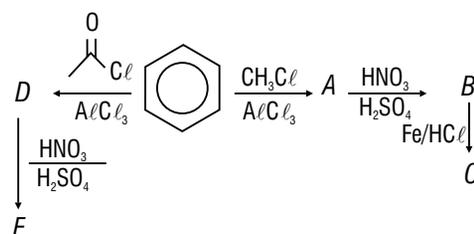
- a. escreva a fórmula estrutural do composto que, ao reagir com o cloreto de benzenodiazônio, forma o corante crisoidina, cuja estrutura molecular é:



- b. escreva a fórmula estrutural do produto que se obtém quando a crisoidina e a triclorotriazina reagem na proporção estequiométrica de 1 para 1.  
 c. mostre como uma molécula de crisoidina se liga à celulose, um polímero natural, cuja estrutura molecular está esquematicamente representada abaixo.

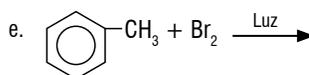
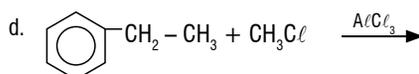
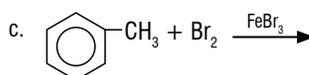
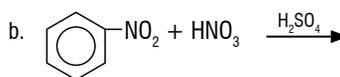
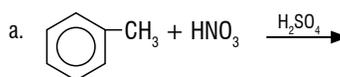


**09 (UFG-GO)** Considere o esquema de reações de monossustituição, a seguir, em que o benzeno é o reagente de partida para a preparação das substâncias C e E.

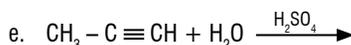
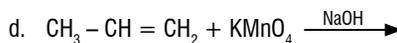
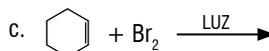
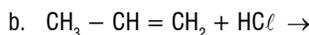
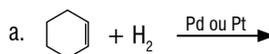


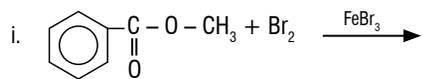
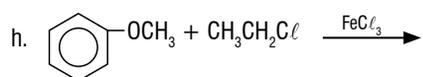
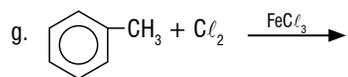
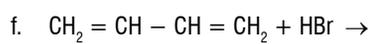
- a. Escreva as fórmulas estruturais planas das substâncias de A a E.  
 b. Indique o(s) isômero(s) que predomina(m) na síntese das substâncias B e E. Justifique.

**10** Dê os produtos das seguintes reações:



**11** Dê os produtos das seguintes reações:



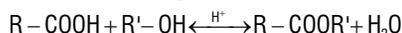
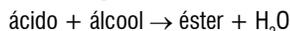


RASCUNHO



## 2. Principais reações dos álcoois

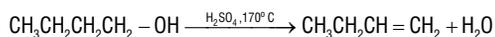
### Esterificação



### Desidratação

O tratamento de um álcool pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à temperatura de aproximadamente  $170^\circ\text{C}$  ou pela alumina aquecida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) provoca uma desidratação intramolecular (saem a OH e H do carbono vizinho da mesma estrutura).

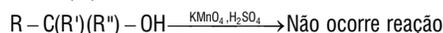
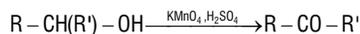
O tratamento de um álcool pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a  $\cong 140^\circ\text{C}$  provoca uma desidratação intermolecular (entre duas moléculas do álcool ocorre a desidratação nas OH) produzindo um éter.



**Obs.:** Para álcoois secundários, a desidratação intramolecular ocorre na faixa dos  $80^\circ\text{C}$ , e para terciários, à temperatura ambiente.

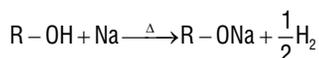
### Oxidação

O tratamento de um álcool primário por mistura oxidante (sulfomangânica ou sulfocrômica) inicialmente produz um aldeído que em seguida é oxidado à ácido carboxílico. Um álcool secundário oxidado produz cetona. Um álcool terciário resiste à oxidação.



### Reação com sódio metálico

Qualquer composto orgânico hidroxilado é capaz de reagir com o sódio metálico produzindo desprendimento de  $\text{H}_2$  (g). Na reação, o sódio metálico desloca o H da hidroxila. A reação com o sódio metálico pode ser usada na prática para diferenciar álcool de éter (substâncias isômeras) e também ácido carboxílico de éster (idem).



**Obs.:** O número de meios mols de  $\text{H}_2$  liberados na reação indica o número de hidroxilas presentes no álcool.

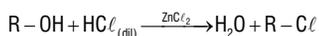
### Reação com haletos de hidrogênio



### Obs.: Teste de Lucas

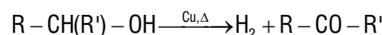
O reativo de Lucas é uma solução aquosa contendo ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ : reagente) e cloreto de zinco ( $\text{ZnCl}_2$ : catalisador).

É utilizado para diferenciar os monóis entre si. Um monol terciário reage, imediatamente (turvação imediata da solução); um secundário, leva alguns minutos ( $\cong 5$ ) para completar a reação (turvação não imediata da solução); e o primário, praticamente não reage (a turvação da solução só começa a ocorrer em aproximadamente duas horas.)



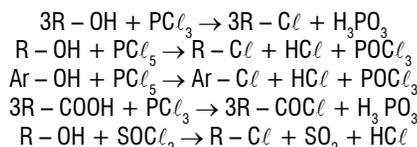
### Desidrogenação (ou redução catalítica)

O tratamento de um álcool com o Cu aquecido ( $\cong 250^\circ\text{C}$ ) transforma o composto hidroxilado em substância carbonilada. Para um álcool primário, o produto é um aldeído e para o secundário, cetona. Um terciário não sofre desidrogenação.



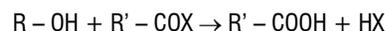
### Formação de derivado halogenado

Qualquer composto hidroxilado tratado por  $\text{PX}_5$ ,  $\text{PX}_3$  ou  $\text{SOCl}_2$  terá sua hidroxila trocada por halogênio. Para o  $\text{PX}_3$ , o complemento da reação é a produção do  $\text{HPO}_3$  e para o  $\text{PX}_5$ ,  $\text{HX} + \text{POX}_3$  (haleta de fosforila) e para  $\text{SOCl}_2$



### Reação com haleta de acila (R - COX)

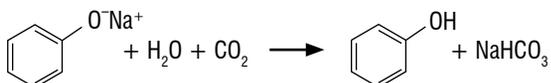
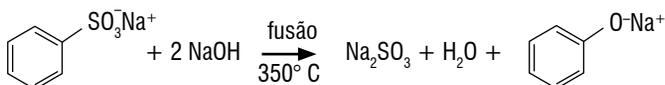
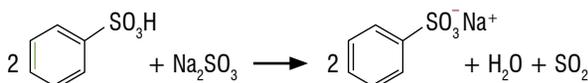
Reação irreversível, utilizada na obtenção de éster.



## 3. Síntese de fenóis

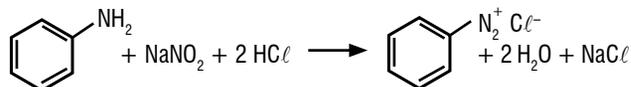
### Fusão alcalina de benzenossulfonato de sódio

Industrialmente é pouco utilizado nos dias de hoje, mas laboratorialmente ainda é um método bastante utilizado.



### A partir da amina aromática

A amina é tratada pelo ácido nitroso em meio clorídrico produzindo um sal de diazônio, a reação ocorre a frio ( $0^\circ$  a  $5^\circ\text{C}$ ). Sob temperatura ambiente o sal de diazônio sofre hidrólise, produzindo fenol.



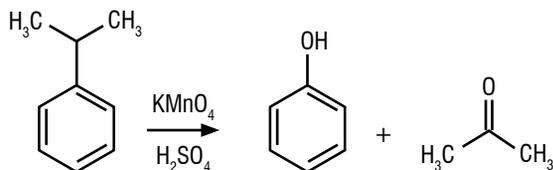
Industrialmente, os fenóis são obtidos através da destilação fracionada do alcatrão da hulha.

### Reação entre derivado halogenado aromático e NaOH ou KOH sob pressão e temperatura elevadas



### Oxidação do cumeno

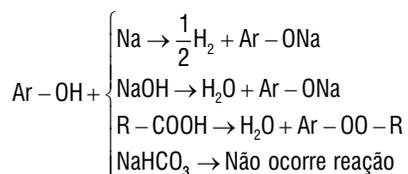
Tratamento do cumeno (isopropilbenzeno) por mistura oxidante. Como produtos, teremos fenol e acetona.



## 4. Principais reações dos fenóis

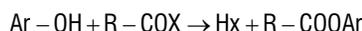
Os fenóis apresentam propriedades ácidas relativamente aumentadas, isto é, são capazes de reagir com metais alcalinos e hidróxidos desses metais e não reagem com os bicarbonatos desses metais.

### Formação de sais



### Formação de éster

Um fenol não reage diretamente com ácido carboxílico; não havendo a reação de esterificação, podemos obter o éster tratando o fenol por haleto de acila.

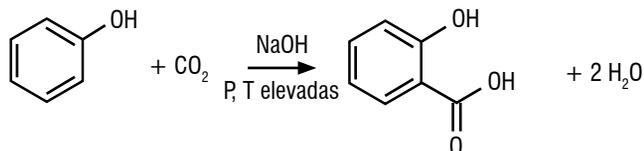


### Reações de Friedel Crafts

Além de nitração e sulfonação da mesma maneira que ocorre com os hidrocarbonetos aromáticos, considerando-se a dirigência do grupo  $-\text{OH}$ ;

### Reação de Kolbe

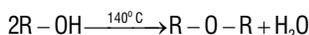
É a reação com  $\text{CO}_2$  em meio alcalino e em presença de pressão e temperatura elevadas. Essa reação produz ácido carboxílico fenólico.



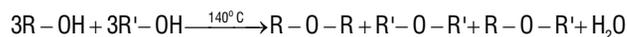
**Obs.:** O composto orgânico que ao ser tratado com sal férrico ( $\text{Fe}_3^+$ ) produzir composto colorido, é, obrigatoriamente, um fenol.

## 5. Síntese de éteres

Desidratação intermolecular de álcoois: aquecimento a  $140^\circ \text{C}$  em presença de ácido sulfúrico.



Uma mistura de álcoois, ao sofrer desidratação intermolecular gera uma mistura de éteres, com predominância para o éter formado por álcoois diferentes.

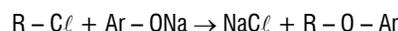
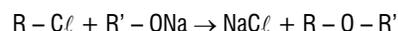


**Nota:** Com temperatura de  $170^\circ \text{C}$  pode haver predominio na desidratação intramolecular, formando alceno. Já com temperatura em torno de  $140^\circ \text{C}$  ocorre formação predominante de éter, em processo de desidratação intermolecular.

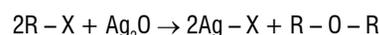
Devido a impedimento espacial, um álcool terciário deve apresentar baixo rendimento na formação de éter.

### Síntese de Williamson

É a reação entre derivado halogenado e alcoolatos ou fenolatos alcalinos. Os alcoolatos e os fenolatos são produzidos no momento da reação tratando-se o álcool ou o fenol pelo metal alcalino correspondente (em geral o metal é o sódio).



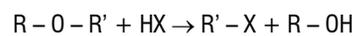
### Reação entre derivado halogenado e óxido de prata seco:



## 6. Principais reações dos éteres

Dentre os compostos orgânicos, os éteres são os menos reativos e por esse motivo são utilizados como solventes orgânicos.

As principais reações de que os éteres participam são a reação de combustão e a reação com hidrácido halogenado:

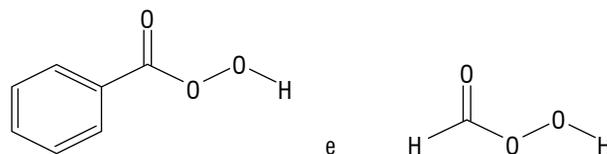


Os éteres não reagem com sódio metálico aquecido, logo esta reação pode ser utilizada para diferenciar álcoois de éteres. Havendo desprendimento gasoso, o composto apresenta hidroxila.

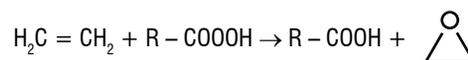
### 6.1 Epóxidos

São éteres cíclicos que apresentam reatividade relativamente acentuada. Os principais métodos de obtenção são:

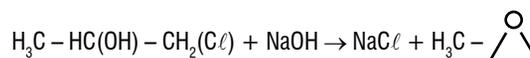
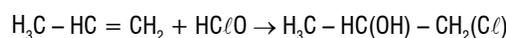
- I. Tratamento de alceno por perácido orgânico:  
O perácido provoca a oxidação da ligação  $\pi$ , não tendo influência na ligação  $\sigma$ . Os perácidos orgânicos mais usados são:



Alceno + perácido orgânico  $\rightarrow$  ácido carboxílico + epóxido



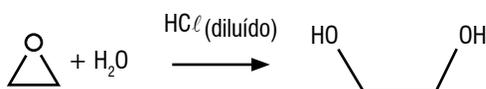
- II. Halogenidrina tratada por soda ou potassa:



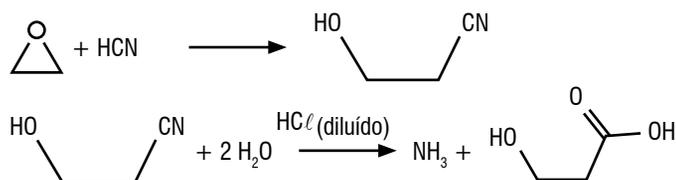
## 6.2 Propriedades químicas dos epóxidos

### Hidrólise

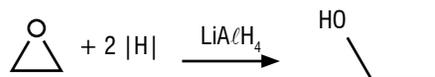
Em química orgânica a hidrólise geralmente é identificada pela presença de solução aquosa diluída de ácido clorídrico. No caso dos epóxidos produz-se diol vicinal.



### Reação com ácido cianídrico e posterior hidrólise

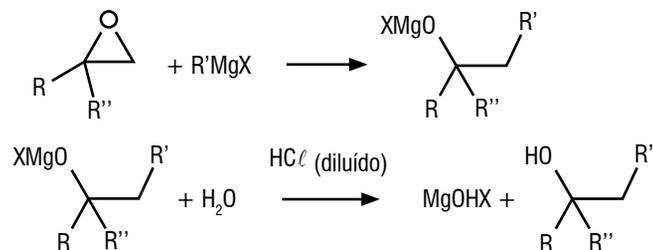
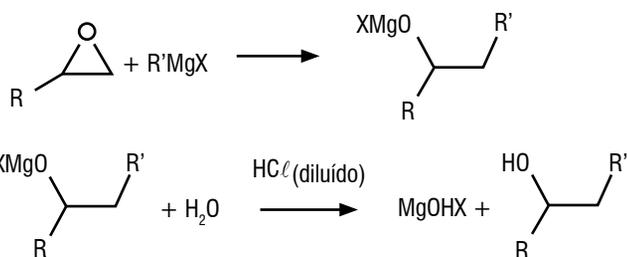
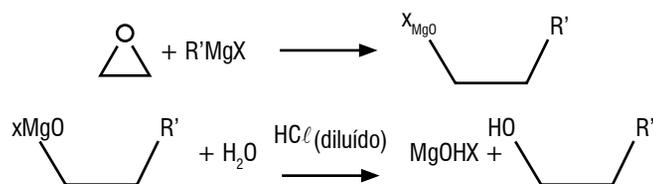


### Redução catalítica em presença de hidreto de lítio e alumínio



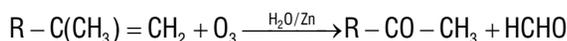
### Reação com derivado de Grignard e posterior hidrólise

A utilização de epoxietano (óxido de etileno) leva à formação de álcool primário. O número e o tipo de ramificações nos epóxidos levam à formação de álcoois secundários ou terciários.



## 7. Síntese de aldeídos e cetonas

### Ozonólise de alcenos



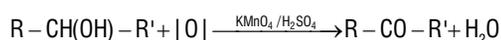
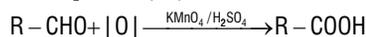
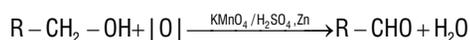
### Oxidação de álcool primário ou secundário

Tratamento do álcool com mistura sulfocrômica ou com mistura sulfomangânica.

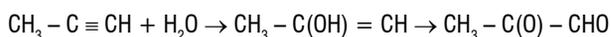
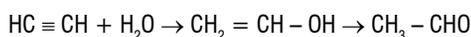
Álcool primário → aldeído → ácido carboxílico

Álcool secundário → cetona

Álcool terciário → não há reação

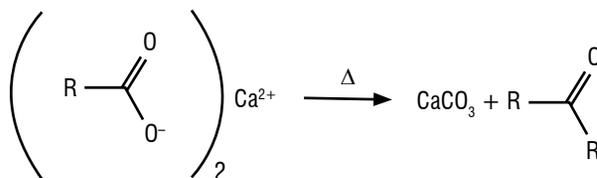


### Hidratações de alcinos



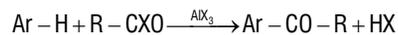
### Método de piria

Consiste na pirólise, calcinação ou decomposição térmica de sais orgânicos de Ca ou Ba. Obteremos carbonato de alcalinoterroso e uma substância carbonílica. O formiato dará origem ao metanol, um sal diferente do formiato dará origem a uma cetona simétrica. Uma mistura de formiato e um outro sal produzirá um aldeído diferente do metanal e uma mistura de dois sais diferentes do formiato, uma cetona assimétrica.



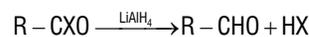
### Acilação de Friedel e Crafts

É o tratamento de um composto aromático por haleto de acila em presença de  $\text{AlCl}_3$  anidro.



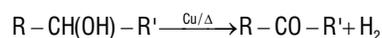
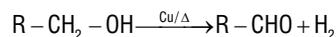
### Redução de halogeneto de acila

Quando tratamos um halogeneto de acila ( $\text{R-CXO}$ ) pelo hidreto de lítio e alumínio ( $\text{LiAlH}_4$ ) haverá redução do halogeneto produzindo aldeído.



### Desidrogenação de Álcoois

Tratamento do álcool com o cobre metálico aquecido (álcool terciário não reage).

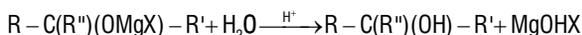
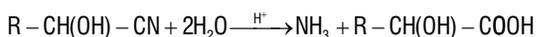


## 8. Principais reações de aldeídos e cetonas

A carbonila, grupamento funcional que identifica aldeídos e cetonas, reage preferencialmente por adição nucleofílica.

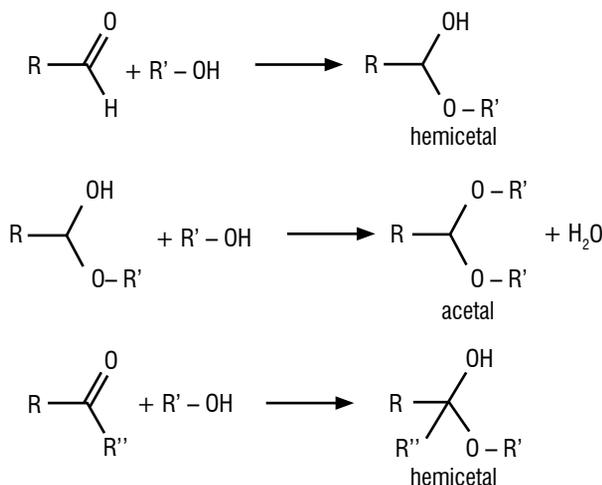
### Adição nucleofílica

Adição de HCN ou de composto de Grignard, sendo ambas seguidas de hidrólise.



### Adição de álcool

Adição nucleofílica de álcoois a aldeídos e a cetonas. Aldeídos formam hemiacetais e, posteriormente, podem formar acetais. Cetonas só podem formar hemiacetais.

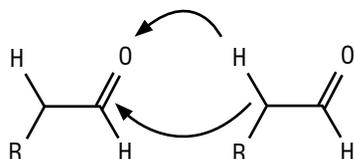
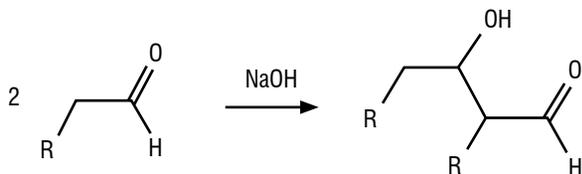


### Oxidação

É a principal reação utilizada na prática para diferenciar um aldeído de uma cetona. Os aldeídos facilmente são oxidados a ácidos carboxílicos e as cetonas resistem aos agentes oxidantes normais.

### Condensação aldólica

Reação entre duas moléculas de aldeído que contenham hidrogênio alfa, em meio alcalino, produz um composto contendo as funções álcool e aldeído.



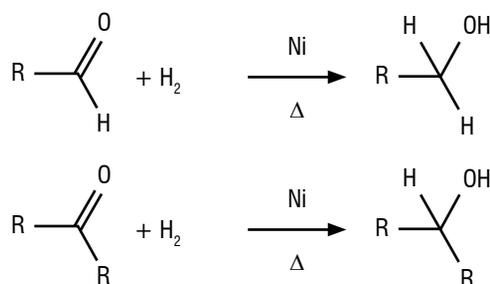
### Diferenciação entre aldeídos e cetonas

- I. Reativo de Tollens: é uma solução amoniacal contendo nitrato de prata. Em contato com um aldeído haverá a oxirredução, sendo o aldeído oxidado a ácido carboxílico e a prata reduzida a prata metálica que se deposita nas paredes do tubo de ensaio formando uma superfície espelhada. Uma cetona não sofre reação e em consequência não produz o espelho de prata.
- II. Reativo de Fehling: são soluções azuladas contendo sulfato cúprico ( $CuSO_4$ ) e NaOH com tartarato duplo de sódio e potássio; quando em contato com um aldeído ocorre uma oxirredução. O aldeído é oxidado a ácido carboxílico e o cobre é reduzido, formando óxido cuproso que é um precipitado vermelho-tijolo. As cetonas não reagem com este reativo e consequentemente não produzem o precipitado vermelho-tijolo.
- III. Reativo de Benedict: semelhante ao de Fehling, só que o tartarato é substituído por citrato de sódio.
- IV. Reativo de Schiff: é a fucsina previamente descorada. Os aldeídos restituem a cor rósea da fucsina.
- V. Reação de Cannizzaro (auto-oxirredução), em meio básico: só ocorre com aldeídos que não possuem carbono  $\alpha$ .

### Redução Catalítica

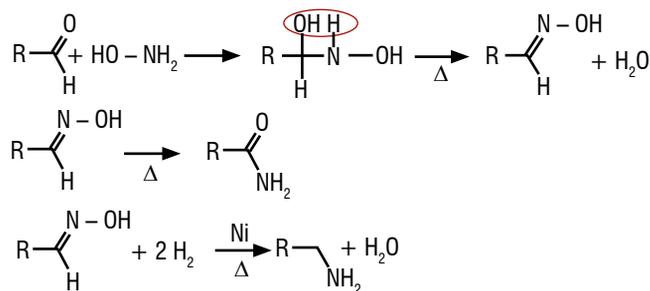
Reação com gás hidrogênio em presença de níquel, paládio ou platina, provocando a redução da carbonila a hidroxila alcoólica.

Aldeído ao ser reduzido gera álcool primário;  
Cetona ao ser reduzida gera álcool secundário.



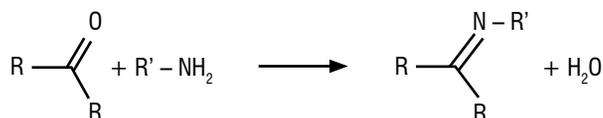
### Reação com hidroxilamina ( $HO-NH_2$ )

Nesse caso a reação ocorre na carbonila, formando água e um composto quaternário denominado oxima (aldoxima ou cetoxima, dependendo do reagente). A redução catalítica de uma oxima produz água e amina primária.



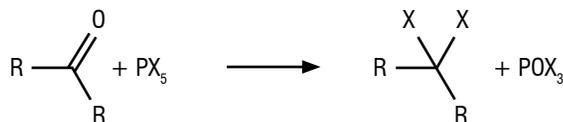
### Reação com amina primária

Nesse caso ocorre formação de composto ternário denominado imina (dupla ligação entre C e N). As iminas, vulgarmente, são chamadas de bases de Schiff.

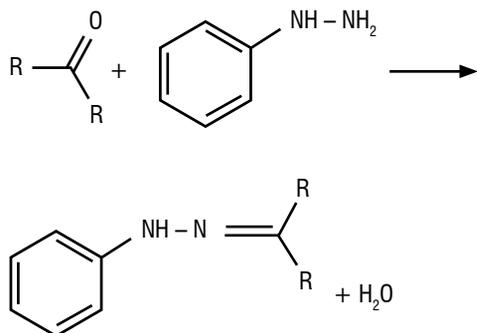


Reação com  $PX_5$

Essa reação substitui o oxigênio da carbonila por dois halogênios, produzindo um derivado dialogenado geminado.



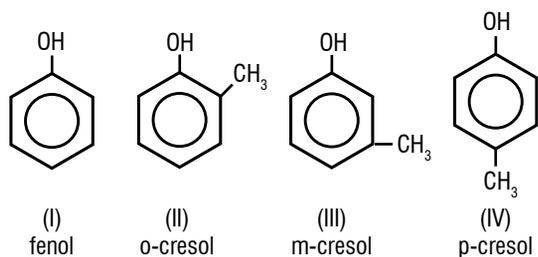
- I. Tratamento com fenil hidrazina ( $Ar-NH-NH_2$ ), produzindo aldo fenil hidrazona ou ceto fenil hidrazona, dependendo do reagente.



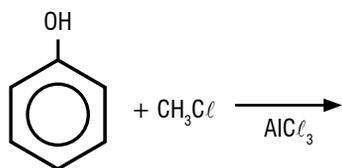
EXERCÍCIOS NÍVEL 1

Reações de álcool e fenol

01 (UFF) Os fenóis são compostos orgânicos oxigenados. Muitos são utilizados como desinfetantes para uso doméstico e alguns são os principais constituintes do carvão mineral. Indica-se, a seguir, as estruturas de componentes do carvão mineral, alguns dos quais estão presentes no desinfetante conhecido por “creolina”.



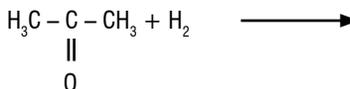
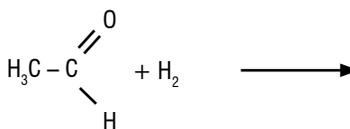
Considere a reação:



Nesta reação, os produtos principais são os que apresentam suas estruturas indicadas por:

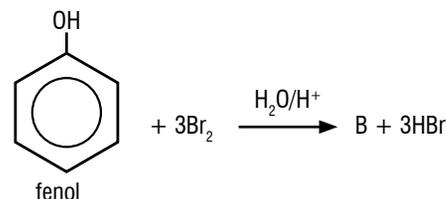
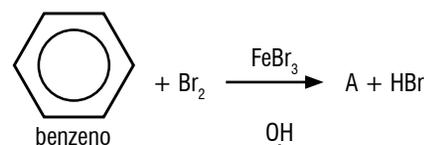
- (A) I e II.  
(B) I e IV.  
(C) II e III.  
(D) II e IV.  
(E) III e IV.

02 (PUC-PR) A redução dos compostos a seguir produz, respectivamente:



- (A) álcool primário e terciário.  
(B) álcool primário e ácido carboxílico.  
(C) álcool primário e secundário.  
(D) ácido carboxílico e álcool primário.  
(E) álcool secundário e terciário.

03 (UFMS) Observe as equações de reações de substituição eletrofílica em compostos aromáticos:



Os nomes corretos dos produtos A e B são, respectivamente:

- (A) 1,4-dibromobenzeno e 4-bromofenol.  
(B) 1,2,3-tribromobenzeno e 2-bromofenol.  
(C) 5-bromobenzeno e 2,4-dibromofenol.  
(D) 1,2-dibromofenil e 1,1,3-tribromofenol.  
(E) bromobenzeno e 2,4,6-tribromofenol.

04 (UNESP) O etanol pode ser submetido às seguintes reações:

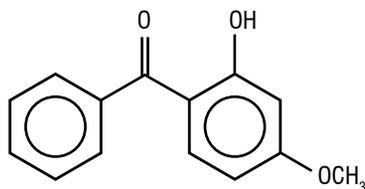
- I. De desidratação, em presença de ácido sulfúrico.  
II. De oxidação, em presença de dicromato de potássio e ácido sulfúrico.

No total, podem se formar quatro produtos diferentes. Indique as fórmulas estruturais e os nomes oficiais de dois desses produtos.

05 (UNIFESP) O sabor e o aroma (buquê) que o vinho apresenta dependem da uva empregada, de alguns fatores climáticos e do seu processo de produção. Os principais compostos responsáveis pelo buquê são aldeídos e ésteres, sendo que no vinho existem ainda açúcares, ácidos e o principal produto da fermentação da glicose, o etanol. A intensificação do aroma do vinho no seu envelhecimento deve-se à formação de ésteres no interior da garrafa. Estes compostos se formam no envelhecimento do vinho através da:

- (A) oxidação do álcool.  
(B) reação do álcool com ácido carboxílico.  
(C) oxidação do aldeído.  
(D) reação do álcool com aldeído.  
(E) oxidação do ácido carboxílico

**06 (UNAERP-SP)** Estamos vivendo tempos em que são registrados um aumento nas temperaturas médias da Terra e maior intensidade dos raios ultravioleta do sol. Sendo a exposição ao sol inevitável, devem ser usados filtros solares que ajudam a bloquear a radiação UV antes que cause danos à pele. Para serem eficazes, esses protetores devem ser à prova d'água e os agentes de proteção mais conhecidos são compostos orgânicos sintéticos como o composto abaixo:



2-hidróxi-4metóxi-benzofenona  
(ozibenzona)

São feitas as seguintes afirmações:

- I. Possui a função álcool, o que o torna mais solúvel e sai mais fácil na água.
- II. Reage com NaOH produzindo um fenolato de sódio.
- III. A presença do grupo éter diminui a solubilidade em água, melhorando a fixação do produto na pele.
- IV. Um grupo cetona pode ser obtido pela oxidação de um álcool secundário.

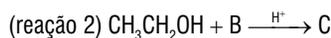
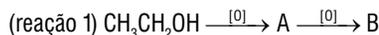
Estão corretas:

- (A) somente III e IV.
- (B) somente I e II.
- (C) I, II, III e IV.
- (D) somente II, III e IV.
- (E) somente I, III e IV.

**07 A (UEPB)** pesar de todos os álcoois apresentarem o grupo hidroxila, OH, suas aplicações são bastante diversificadas. Dependendo do tipo de cadeia e/ou da posição em que o grupo OH se encontre ligado, diferentes reações químicas podem ser produzidas com consequente obtenção de uma grande variedade de produtos químicos. Por exemplo, alcenos são importantes na fabricação de plásticos, ácidos carboxílicos e ésteres são usados na indústria de cosméticos e de alimentos e éteres são muito usados como solventes e intermediários de sínteses orgânicas.

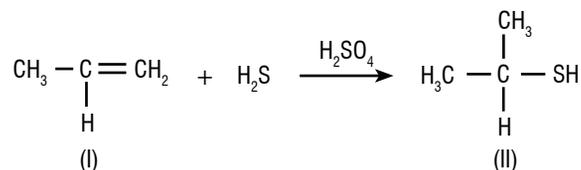
Os álcoois primários são facilmente oxidados na presença de um agente oxidante adequado. Por exemplo, o mal-estar de que o indivíduo é acometido, após a ingestão de certa quantidade de etanol ( $C_2H_5OH$ ), advém das reações de oxidação que ocorrem durante o metabolismo enzimático, e que produzem diversas substâncias indesejáveis como, por exemplo, os produtos A, B e C das reações 1 e 2 abaixo.

Indique, no caderno de respostas, as estruturas de A, B e C.



**08 (UEM-PR)** Um composto orgânico de fórmula molecular  $C_3H_8O$  (composto A) é oxidado pelo  $KMnO_4$  em meio ácido, formando o composto B, que, por sua vez, é novamente oxidado, formando o composto C. Escreva as estruturas dos compostos A, B e C, sabendo que o composto C é o ácido propanoico. Indique todos os átomos envolvidos e os tipos de ligações entre os átomos (ligações simples, ligações duplas ou ligações triplas) e dê o nome (usual ou IUPAC) aos compostos A e B.

**09 (UNIFESP)** Compostos orgânicos com enxofre, chamados tióis, ou mercaptanas, compõem uma classe de compostos químicos que possuem odores altamente desagradáveis. Eles podem ser percebidos mesmo quando se encontram em concentrações de até uma parte de tiol em 400 milhões de partes de ar. A síntese de um tiol pode ser feita de acordo com a reação:



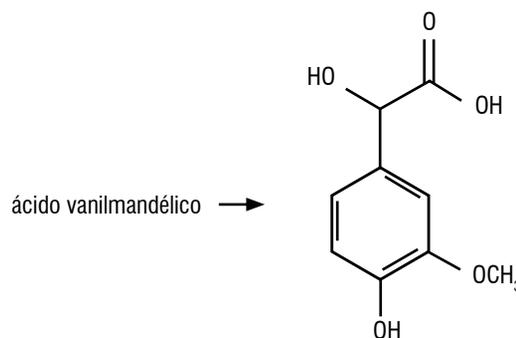
O ângulo de ligação C–C–C em I e o produto da oxidação com permanganato de potássio do álcool análogo a II são, respectivamente:

- (A)  $120^\circ$  e cetona.
- (B)  $120^\circ$  e aldeído.
- (C)  $120^\circ$  e ácido carboxílico.
- (D)  $109,5^\circ$  e ácido carboxílico.
- (E)  $109,5^\circ$  e cetona.

**10 (UFLA-MG)** Um álcool de fórmula molecular  $C_4H_{10}O$ , quando oxidado, fornece uma cetona. Quando o álcool é desidratado e o alceno resultante é oxidado, o resultado são duas moléculas de ácido carboxílico. O álcool tem sua estrutura representada por:

- (A)  $CH_3CH_2OCH_2CH_3$
- (B)  $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$
- (C)  $C(CH_3)_3OH$
- (D)  $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$

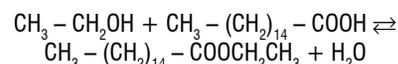
**11 (UFU-MG)** O ácido vanilmandélico é um produto do metabolismo da adrenalina e outras catecolaminas. A constatação do excesso deste ácido no organismo pode ser verificada no exame de urina. Este é um diagnóstico chamado de feocromocitoma (tumor produtor de catecolaminas).



Em relação a este ácido, assinale a alternativa correta.

- (A) É um composto de cadeia mista, aromática, insaturada e homogênea.
- (B) A oxidação da OH (do álcool) produz uma carbonila.
- (C) A ordem de acidez dos grupos ácidos é:  $-OH$  (do fenol) <  $-COOH$  <  $-OH$  (do álcool).
- (D) É insolúvel em  $H_2O$ .

**12 (UFG-GO)** Considere um sistema reacional constituído por um béquer aberto, onde os reagentes possuem pontos de ebulição iguais a  $351,5^\circ C$  e  $78,2^\circ C$  e ocorre a reação representada pela equação:



Nesse sistema:

- 1 ( ) o rendimento da reação é maior a 300° C que a 70° C.
- 2 ( ) obtêm-se produtos solúveis em água.
- 3 ( ) a reação inversa corresponde a uma hidrólise.
- 4 ( ) um dos reagentes, segundo a IUPAC, é o ácido hexadecanoico.

### Reações de éter, aldeídos e cetonas

**13 (UFMS)** Álcoois podem ser preparados pela reação de aldeídos e cetonas com compostos de Grignard seguido de hidrólise. Essa reação deve ser desenvolvida com reagentes e recipientes secos antes da adição do composto de Grignard. Sobre essas reações com compostos de Grignard, é correto afirmar que:

01. o composto de Grignard apresenta duas ligações iônicas com o átomo de magnésio e, por isso, é extremamente reativo.
02. o ácido carboxílico pode ser formado nessa reação se o sistema reacional (reagentes e recipiente) não estiver totalmente seco.
04. o metanal sempre leva à formação de álcoois secundários.
08. o 2-propanol pode ser obtido da reação entre cloreto de metilmagnésio e etanal.
16. o terc-butanol pode ser obtido da reação entre propanona e cloreto de metilmagnésio.

**14 (UFAM)** Um composto A ao reagir com cloreto de etil-magnésio em solução aquosa forma um composto orgânico B. O composto B por sua vez ao reagir com ácido clorídrico resultou em um composto C e água. Os compostos A, B e C que se encaixam nessa descrição são, respectivamente:

- (A) Propanona; 1-metil-2-butanol; 2-metil-2-cloro-butano.
- (B) Propanal; 2-metil-2-butanol; 3-cloro-pentano.
- (C) Propanal; 3-pentanol; 2-metil-2-cloro-pentano.
- (D) Acetona; 3-pentanol; 2-cloro-pentano.
- (E) Propanona; 2-metil-2-butanol; 2-metil-2-cloro-butano.

**15 (UERJ)** Um dos processos mais utilizados para obtenção de álcoois consiste na reação de compostos de Grignard com substâncias carboniladas, seguida de hidrólise. Observe a sequência reacional a seguir, que exemplifica essa obtenção, onde R representa um radical alquila.

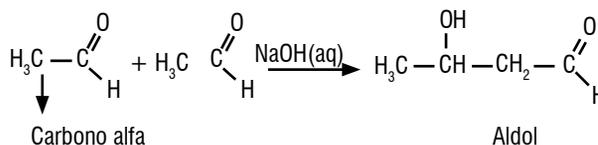


- a. Nomeie o composto de Grignard utilizado e apresente sua fórmula estrutural plana.
- b. Foram determinadas as porcentagens em massa dos elementos químicos da propanona e de seus isômeros, a fim de diferenciá-los. Explique por que esse procedimento não é considerado adequado e apresente a fórmula estrutural plana de um isômero da propanona que possua somente carbonos secundários.

**16 (ITA)** 2-metil-1,1,1-tricloro-propanol-2 tem atividade anestésica e hipnótica, podendo ser preparado a partir de acetona (propanona) por uma reação de adição em meio alcalino. Qual dos compostos citados abaixo poderia ser usado nessa adição?

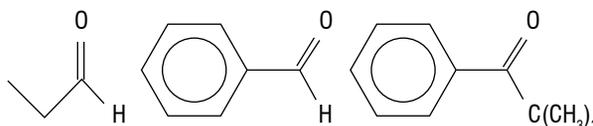
- (A) Pentacloroeto de fósforo.
- (B) Cloro em excesso.
- (C) Clorofórmio.
- (D) Cloreto de metilmagnésio (reagente de Grignard).
- (E) Cloreto de acetila.

**17 (FUVEST-SP)** Quando acetaldeído é tratado com solução aquosa de hidróxido de sódio, forma-se um aldol (composto que contém os grupos OH e C = O):



Essa reação, chamada de reação aldólica, ocorre com aldeídos e cetonas que possuem pelo menos um átomo de hidrogênio ligado ao átomo de carbono α em relação ao grupo carbonila.

Considere os compostos:



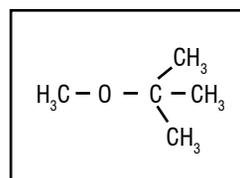
- a. Se os compostos acima forem tratados, separadamente, com solução aquosa de hidróxido de sódio, apenas um deles produzirá um aldol. Escreva a fórmula estrutural completa (com todos os átomos de C, H e O) desse reagente. Justifique por que os demais compostos não darão a reação aldólica nessas condições.
- b. Escreva a equação química que representa a transformação citada no item a, dando a fórmula estrutural do aldol formado.

**18 (UESPI)** Sobre o citronelal (óleo de eucalipto) abaixo é correto afirmar.



- (A) Sofre redução, formando como produto principal álcool secundário.
- (B) Não sofre reação de oxidorredução.
- (C) O grupo aldeído reduz o reativo de Fehling e oxida o cobre II.
- (D) A parte aldeídica reage com HCN.
- (E) Apresenta dois elétrons pi.

**19 (PUC-RJ)** Recentemente foi registrada na mídia uma polêmica sobre o uso do éter metil terc-butílico como aditivo à gasolina em substituição ao álcool etílico. O éter metil terc-butílico, que tem fórmula:

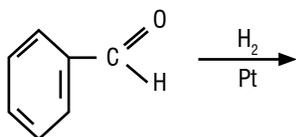


é produzido a partir de:

- (A) CH<sub>4</sub> (metano) + CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub> (buteno-1)
- (B) CH<sub>4</sub> (metano) + CH<sub>3</sub>-C(CH<sub>3</sub>)=CH<sub>2</sub> (isobuteno)
- (C) CH<sub>3</sub>OH (metanol) + CH<sub>3</sub>-C(CH<sub>3</sub>)=CH<sub>2</sub> (isobuteno)
- (D) CH<sub>3</sub>OH (metanol) + CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub> (buteno-1)
- (E) CH<sub>3</sub>OH (metanol) +  $\begin{cases} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 \end{cases}$  (mistura buteno-1 e buteno-2)

**20 (PUC-RJ)** A reação de hidrogenação de aldeídos e cetonas necessita de um catalisador, usualmente platina ou níquel.

Assinale a opção que melhor representa o resultado da hidrogenação catalítica do benzaldeído abaixo:



- (A) + CH<sub>4</sub>      (D) + CO + H<sub>2</sub>
- (B)      (E)
- (C) + H-C(=O)-H

**21 (UESC-BA)** O teste do bafômetro é baseado na reação de oxidação do etanol, representada pelas etapas:

Se um motorista estiver alcoolizado, ao soprar o bafômetro, o etanol existente no ar expirado será oxidado, e se observará uma coloração verde devido à formação de íons Cr<sup>3+</sup>.

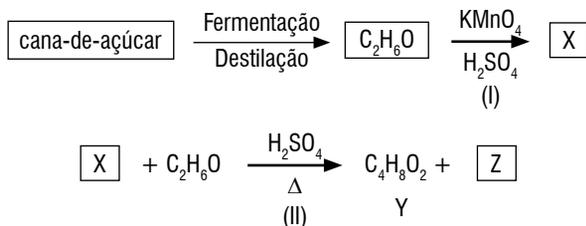
Em relação à oxidação dos álcoois, é correto afirmar:

- (A) O etanol é oxidado na primeira etapa a ácido acético.  
 (B) O etanol é oxidado a aldeído, ganhando dois elétrons.  
 (C) O etanol é oxidado, formando uma cetona.  
 (D) Havendo metanol no ar expirado, haverá formação de aldeído acético.  
 (E) Havendo 2-propanol no ar expirado, haverá formação de acetona.

### EXERCÍCIOS NÍVEL 2

#### Reações de Álcool e Fenol

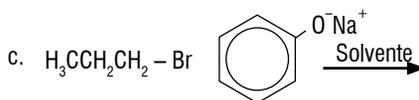
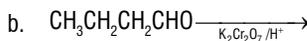
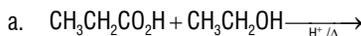
**01 (UFF)** Observe o esquema abaixo:



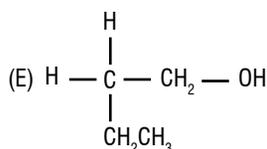
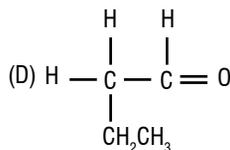
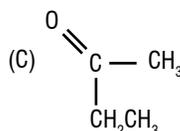
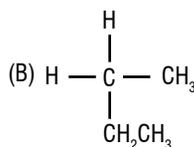
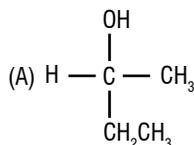
A partir da análise deste esquema:

- a. Represente as equações químicas das reações I e II.  
 b. Especifique os produtos X e Z.  
 c. Informe as fórmulas estruturais e os nomes dos produtos X e Y.  
 d. Classifique as reações químicas I e II.

**02 (UFF)** Para cada reação a seguir, indique o produto e também as respectivas nomenclatura e função orgânica deste produto.



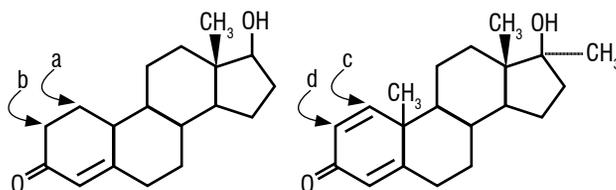
**03 (UFG-GO)** A butanona, ao ser reduzida cataliticamente, produz um racemato em que um dos isômeros pode ser representado por:



**04 (UFF-RJ)** As substâncias a seguir indicadas provocam aumento da massa muscular e diminuição da gordura dos atletas. O uso indiscriminado dessas substâncias, porém, pode provocar efeitos colaterais sérios. Observe as estruturas.

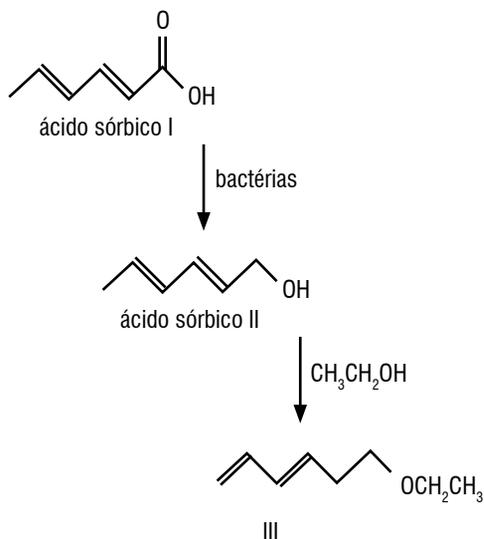
(1)  
Nandiolone

(2)  
Dianabol



Quais os produtos da oxidação da função álcool das substâncias cujas estruturas são apresentadas acima?

**05 (PUC-MG)** O  $\text{SO}_2$  e o ácido sórbico são utilizados como conservantes em vinhos e têm ação complementar. Enquanto o  $\text{SO}_2$  tem ação antibacteriana, o ácido sórbico é um fungicida. Sem o  $\text{SO}_2$ , o ácido sórbico I é transformado por bactérias em álcool sórbico II e este, na presença do etanol do vinho, se converte no composto III, que dá um gosto muito ruim à bebida.



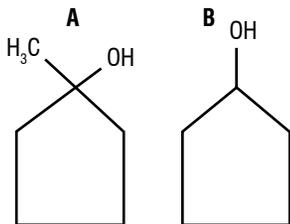
Sobre essas reações, é correto afirmar que:

- (A) a transformação do ácido sórbico em álcool sórbico é uma reação de oxidação.
- (B) o composto III é um éster.
- (C) o álcool sórbico representado acima é um álcool insaturado.
- (D) o tratamento do composto III com excesso de hidrogênio, na presença de um catalisador, como paládio/carvão, levaria à formação de uma substância saturada de fórmula  $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}$ .

**06 (UFMS)** Os seguintes experimentos foram conduzidos em um laboratório de química orgânica para a identificação de alguns compostos.

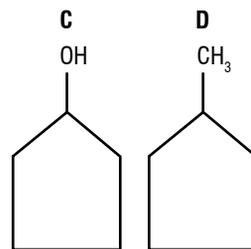
Experimento I

A um frasco, que podia conter um dos dois álcoois, A ou B, foram adicionadas gotas de solução aquosa de  $\text{KMnO}_4$ , observando-se o desaparecimento da cor púrpura do permanganato de potássio e a formação de um precipitado marrom.



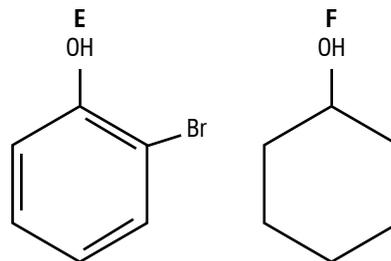
Experimento II

A um frasco, que podia conter um dos dois compostos, C ou D, adicionou-se solução aquosa ácida de  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , observando-se que a cor alaranjada do dicromato de sódio não se modificou.



Experimento III

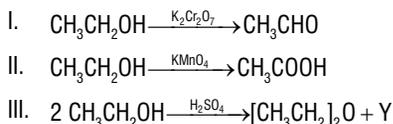
A um frasco, que podia conter um dos dois compostos, E ou F, foi adicionado  $\text{NaOH}$  aquoso, observando-se a solubilização do composto.



Considerando os experimentos I, II e III, é correto afirmar que os frascos analisados continham, respectivamente, os compostos:

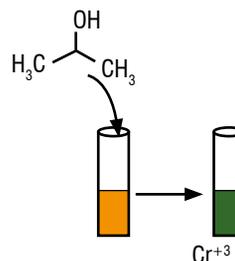
- (A) A, C e E.
- (B) A, D e F.
- (C) B, C e F.
- (D) B, D e E.
- (E) B, C e E.

**07 (UNESP)** Os esquemas a seguir representam as condições em que ocorrem algumas reações com o etanol e que conduzem à formação de produtos distintos.

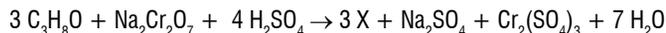


- a. Os esquemas I e II representam reações de oxidação do etanol. Para cada uma delas, escreva o nome do produto e o nome da respectiva função orgânica.
- b. Na reação III, são formados dois produtos, um orgânico e outro inorgânico, identificado por Y. Forneça os nomes desses dois compostos.

**08 (UFRJ)** Algumas reações químicas podem ser acompanhadas pela mudança de cor do meio reacional. Por exemplo, na figura abaixo, a adição de 2-propanol a uma solução aquosa ácida de  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (solução alaranjada) produz uma solução de coloração verde, característica da presença de íons  $\text{Cr}^{3+}$ .



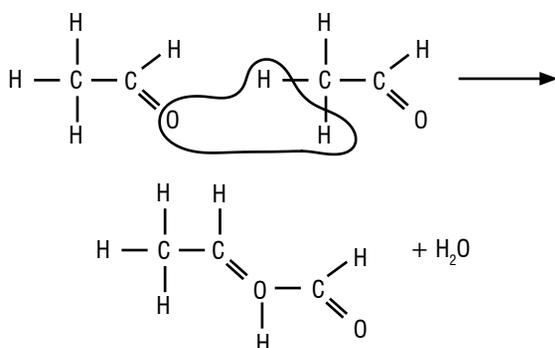
Esta reação se passa conforme a seguinte equação:



Dê a nomenclatura IUPAC do produto orgânico (X) formado e escreva a equação da semirreação de redução.

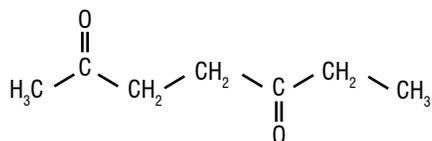
### Reações de éter, aldeídos e cetonas

**09 (FUVEST)** Na chamada condensação aldólica intermolecular, realizada na presença de base e a uma temperatura adequada, duas moléculas de compostos carbonílicos (iguais ou diferentes) reagem com a formação de um composto carbonílico insaturado. Nessa reação, forma-se uma ligação dupla entre o carbono carbonílico de uma das moléculas e o carbono vizinho ao grupo carbonila da outra, com a eliminação de uma molécula de água.



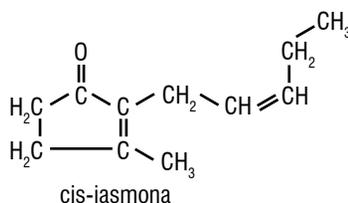
Analogamente, em certos compostos di-carbonílicos, pode ocorrer uma condensação aldólica intramolecular, formando-se compostos carbonílicos cíclicos insaturados.

- a. A condensação aldólica intramolecular do composto di-carbonílico pode produzir duas ciclopentenonas ramificadas, que são isoméricas:

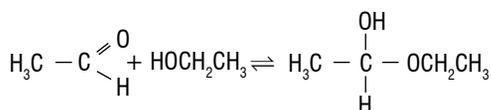


Mostre as fórmulas planas desses dois compostos.

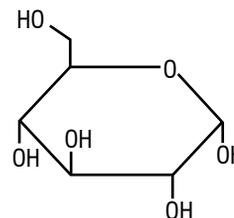
- b. A condensação aldólica intramolecular de determinado composto di-carboxílico, X, poderia produzir duas ciclopentanonas ramificadas. No entanto, forma-se apenas a cis-jasmona, que é a mais estável. Mostre a fórmula estrutural plana do composto X.



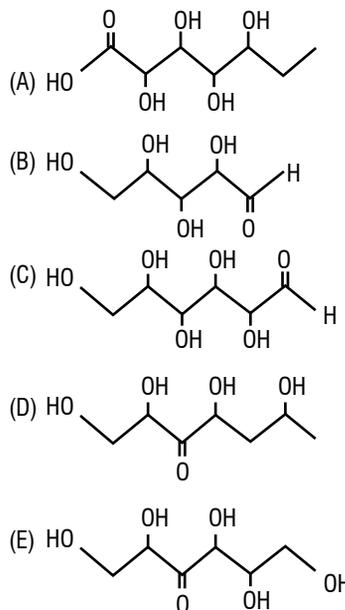
- 10 (FUVEST)** Aldeídos podem reagir com álcoois, conforme representado:



Esse tipo de reação ocorre na formação da glicose cíclica, representada por:



Dentre os seguintes compostos, aquele que, ao reagir como indicado, porém de forma intramolecular, conduz à formação da glicose cíclica é:



**11 (UNESP)** Cetonas são compostos orgânicos que possuem grupo carbonila ligado a outros dois grupos orgânicos. A cetona mais comum é a dimetil-cetona (nome usual) ou acetona (nome comercial), que é um líquido incolor, inflamável e de cheiro agradável. Antigamente, a dimetil-cetona era preparada industrialmente, por hidratação do propino na presença de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e sulfato de mercúrio(II) ( $\text{HgSO}_4$ ). A dimetil-cetona, atualmente, é produzida industrialmente a partir da oxidação do cumeno (isopropil-benzeno), processo industrial moderno, que produz também fenol, composto orgânico de grande importância industrial. Com base nas informações do texto, escreva:

- o nome oficial da dimetil-cetona (IUPAC) e sua fórmula estrutural.
- a equação química da reação de obtenção da dimetil-cetona, a partir da oxidação do cumeno (isopropil-benzeno) pelo oxigênio do ar.

**12 (IME)** Um composto orgânico A, de fórmula molecular  $\text{C}_9\text{H}_{10}$ , quando tratado com hidrogênio, na presença de um catalisador, fornece um composto B de massa molecular duas unidades maior que A. Oxidando A ou B com  $\text{KMnO}_4$  e  $\text{KOH}$ , obtém-se o composto C, de fórmula molecular  $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_2\text{K}$ . A reação de B com uma solução de  $\text{HNO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  fornece dois isômeros D e E. Finalmente, quando A é tratado com  $\text{O}_3$  e, em seguida, com zinco em pó, obtém-se um composto F, com fórmula molecular  $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$ , o qual apresenta resultado negativo no teste de Tollens. Com base nas informações acima, forneça as fórmulas estruturais planas dos compostos A, B, C, D, E e F e justifique sua resposta, apresentando as respectivas reações.

**13 (UNIFESP)** As afirmações seguintes descrevem corretamente as propriedades do aldeído propanal.

- I. É um líquido, em condições ambientais, solúvel em água.
- II. As forças intermoleculares, no estado líquido, são do tipo dipolo permanente.
- III. Reage com solução de nitrato de prata amoniacal, formando espelho de prata.
- IV. Produz um álcool quando reduzido com  $H_2$  em presença de Ni/calor como catalisador.

Para a cetona alifática mais simples, a propanona, são corretas as afirmações:

- (A) I e II, apenas.
- (B) II e III, apenas.
- (C) II e IV, apenas.
- (D) I, II e IV, apenas.
- (E) I, III e IV, apenas.

**14 (PUC-SP)** Sabe-se que os compostos A e B podem ser representados pela mesma fórmula molecular  $C_2H_6O$  e que o ponto de ebulição da substância A é maior que o da substância B. Por outro lado, os compostos C e D apresentam, ambos, a fórmula geral  $C_3H_6O$  e diferem pelo fato de o composto C reagir com o reativo de Tollens, enquanto o composto D não o faz. Pede-se, explicando a resposta:

- a. indicar as funções de cada uma das substâncias A e B e seus respectivos nomes.
- b. especificar as funções de cada uma das substâncias C e D, bem como seus nomes.

**15 (IME-RJ)** Um químico obteve em laboratório uma mistura constituída de butanona e butiraldeído. Uma alíquota dessa mistura, pesando 0,500 g, foi tratada com  $KMnO_4$  em meio básico. O produto orgânico obtido por destilação apresentou massa de 0,125 g.

Determine a percentagem, em mol, dos componentes da mistura.

RASCUNHO