



15

2

Pré-vestibular Química



Autoria: Thiago Bernini Caspar, Cuiherme Aulicino Bastos Jorge e Marcelo Miguel Martins Pelisson.

Direção geral: Nicolau Arbex Sarkis.

Cerência editorial: Emília Noriko Ohno.

Coordenação de engenharia de produção: Juliano Castilho Laet de Holanda.

Coordenação de projeto editorial: Diego da Mata, Marília L. dos Santos C. Ribeiro e Viviane R. Nepomuceno.

Edição: Equipe de edição da Editora Poliedro.

Coordenação de edição de texto: Anaiza Castellani Selingardi.

Edição de texto: Equipe de edição de texto da Editora Poliedro.

Coordenação de revisão: Mariana Castelo Queiroz.

Revisão: Equipe de revisão da Editora Poliedro.

Edição de arte: Kleber S. Portela e Wellington Paulo.

Diagramação: Equipe de diagramação da Editora Poliedro.

Ilustração: Equipe de ilustração da Editora Poliedro.

Coordenação de licenciamento: Kelly Garcia.

Analistas de licenciamento: Equipe de licenciamento da Editora Poliedro.

Licenciamento: Jade Cristina Bernardino.

Analista de produção editorial: Claudia Moreno Fernandes.

Coordenação de PCP: Anderson Flávio Correia.

Analista de PCP: Vandrê Luis Soares.

Projeto gráfico: Alexandre Moreira Lemes e Kleber S. Portela.

Projeto gráfico da capa: Bruno Torres e Varão Monteiro Junior.

Colaboração externa: Diagramação, revisão e preparação de originais: Know-how Editorial.

Edição técnica: Fabiana Eiko Shibahara Asano.

Impressão e acabamento: Nywgraf.

Créditos: capa e frontispício © irochka | Dreamstime.com 5 © Igor Kaliuzhny | Dreamstime.com
• socyo/Freeimages 173 © Edward Shtern | Dreamstime.com • © Sergey Ponomarev | Dreamstime.com
• Reprodução 265 Ayacop/Wikimedia Commons • © Natursports | Dreamstime.com • Ayacop/Wikimedia Commons.



POLIEDRO
SISTEMA DE ENSINO

São José dos Campos-SP
ISBN: 978-85-7901-552-6
Telefone: (12) 3924-1616
editora@sistemapoliedro.com.br
www.sistemapoliedro.com.br

Copyright © 2018
Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro

SUMÁRIO

Frente 1

4 Propriedades físicas das substâncias	6
Forças intermoleculares e a mudança de estado físico das substâncias moleculares o.....	7
Solubilidade dos compostos.....	10
Revisando.....	13
5 Introdução à química orgânica	32
Histórico.....	33
Revisando.....	42
Exercícios propostos.....	46
6 Nomenclatura dos compostos orgânicos	60
Introdução.....	61
Nomenclatura substitutiva.....	61
Hidrocarbonetos.....	62
Haleto orgânicos.....	72
Álcool.....	72
Fenol.....	74
Éter.....	74
Aldeído.....	75
Cetona.....	76
Ácidos carboxílicos.....	77
Sal de ácido carboxílico.....	78
Éster orgânico.....	78
Amida.....	80
Nitrilas.....	80
Nitrocomposto.....	81
Cloreto de ácido carboxílico.....	81
Anidrido de ácido carboxílico.....	81
Ácido sulfônico.....	81
Sal de ácido sulfônico.....	81
Tiocompostos.....	82
Enol.....	82
Revisando.....	82
Exercícios propostos.....	85
Texto complementar.....	104
Exercícios complementares.....	108
7 Isomeria	132
Introdução.....	133
Isomeria plana ou constitucional.....	133
Isomeria espacial ou estereoisomeria.....	136
Revisando.....	143
Exercícios propostos.....	144
Texto complementar.....	156
Exercícios complementares.....	159

Frente 2

4 Ácidos e bases	174
Teoria de Arrhenius.....	175
Funções químicas.....	177
Bases ou hidróxidos.....	183
Revisando.....	187
5 Sais e óxidos	199
Sais.....	200
Óxidos.....	208
Revisando.....	214
6 Soluções	231
Dispersões.....	232
Soluções.....	232
Coefficiente de solubilidade (C_s) e curvas de solubilidade.....	234
Tipos de concentração de soluções.....	237
Diluição de soluções.....	242
Exercícios propostos.....	188
Textos complementares.....	191
Exercícios complementares.....	194
Exercícios propostos.....	215
Textos complementares.....	222
Exercícios complementares.....	224
Misturas de soluções.....	243
Titulação.....	244
Revisando.....	245
Exercícios propostos.....	246
Texto complementar.....	253
Exercícios complementares.....	255

Frente 3

4 Cinética química	266
Introdução.....	267
Velocidade das reações.....	267
Mecanismos das reações (Teoria das colisões).....	269
Fatores que alteram a velocidade das reações.....	271
5 Equilíbrios químicos I	314
Reações reversíveis.....	315
Crau de equilíbrio (α).....	316
Constantes de equilíbrio.....	317
Princípio de Le Chatelier.....	322
Equilíbrios iônicos.....	326
Lei da ação das massas.....	275
Revisando.....	277
Exercícios propostos.....	280
Texto complementar.....	295
Exercícios complementares.....	299
Revisando.....	330
Exercícios propostos.....	332
Texto complementar.....	349
Exercícios complementares.....	352
Gabarito	364

Frente 1



4

FRENTE 1

Propriedades físicas das substâncias

© LEONID EREMEYCHUK | DEANSTIME.COM



Na imagem, vemos alguns insetos sobre a água e suas sombras projetadas no fundo do recipiente que contém o líquido. Perceba que a sombra das patas dos insetos é bem diferente de suas patas; esse fenômeno ocorre porque, quando o inseto pousa na superfície aquática, seu peso muda a distribuição das moléculas da água, que estão sob o efeito da **tensão superficial**, fazendo com que o peso do inseto gere uma leve concavidade na superfície, mudando os padrões de refração da luz e formando uma sombra maior de suas patas.

As atrações entre partículas estão divididas em atrações interatômicas, ou seja, aquelas que ocorrem entre átomos na formação de ligações químicas, e atrações intermoleculares, as que ocorrem entre moléculas, sejam da mesma substância, sejam de substâncias diferentes.

Muitas das propriedades da matéria, como temperaturas de fusão e ebulição e solubilidade, estão intimamente relacionadas às atrações intermoleculares.

Forças intermoleculares e a mudança de estado físico das substâncias moleculares

Há uma variação muito grande nas temperaturas de fusão e ebulição das substâncias moleculares. Por esse motivo, em temperatura ambiente, é possível encontrá-las nos estados sólido, líquido e gasoso.

Essa variação se deve basicamente:

- Aos diversos tipos de atrações intermoleculares (dipolo induzido, dipolo permanente e ligação de hidrogênio) que essas moléculas apresentam, pois, quanto mais intensas são essas atrações, maior será a quantidade de energia necessária para separá-las e, portanto, maior a temperatura de ebulição.
- Ao tamanho e à massa das moléculas, pois as maiores apresentam maiores superfícies de contato e, consequentemente, quantidades também maiores de atrações intermoleculares, o que aumenta a temperatura de ebulição. As moléculas de maior massa necessitam de mais energia térmica para adquirirem velocidade suficiente para escapar da superfície do líquido durante a ebulição.

Observe, nas Tab. 1 a Tab. 4, algumas comparações das temperaturas de ebulição dos compostos moleculares:

Substância	Temperatura de ebulição (°C) – 1 atm	Massa molecular (u)	Período da tabela
F ₂	-187,9	38	2
Cl ₂	-34,4	71	3
Br ₂	59	159,8	4
I ₂	184,6	253,8	5

Tab. 1 Temperaturas de ebulição das substâncias F₂, Cl₂, Br₂ e I₂.

As substâncias formadas pelos elementos do grupo 17 são apolares, portanto realizam o mesmo tipo de atração intermolecular (dipolo induzido). Os elementos flúor e cloro, em condições ambientes, apresentam-se na forma gasosa, ao passo que o bromo é líquido e o iodo, sólido.

Perceba que, conforme descemos o grupo 17 na tabela periódica, as substâncias formadas por seus elementos aumentam de tamanho e de massa, devido ao aumento de camadas eletrônicas e da quantidade de prótons no núcleo. Essa

diferença entre as substâncias é responsável pela diferença nas temperaturas de ebulição.

ATENÇÃO!

Lembre-se de que, em moléculas ou átomos maiores, a deformação da nuvem eletrônica é mais intensa, pois, além de existirem mais elétrons, eles estão mais afastados do núcleo, o que facilita a formação dos dipolos induzidos (maior polarizabilidade), aumentando a intensidade das forças de London.

Substância	Temperatura de ebulição (°C) – 1 atm	Massa molecular (u)	Período da tabela
HF	19,5	20	2
HCl	-85,1	36,5	3
HBr	-67	80,9	4
HI	-35,3	127,9	5

Tab. 2 Temperaturas de ebulição das substâncias HF, HCl, HBr e HI.

Os hidretos dos elementos do grupo 17 são substâncias polares que se atraem por interação do tipo dipolo permanente, por isso apresentam temperaturas de ebulição maiores que as das substâncias formadas apenas pelos elementos.

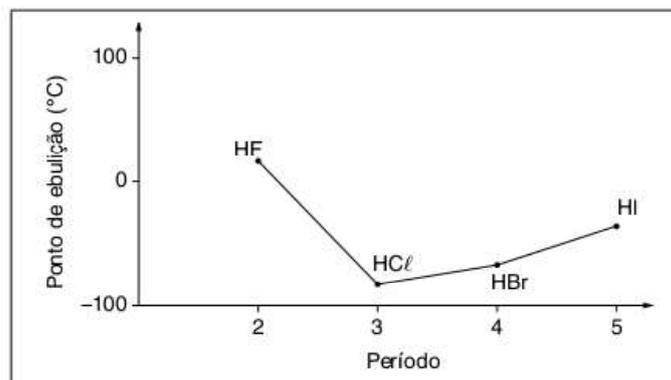


Fig. 1 A temperatura de ebulição do fluoreto de hidrogênio (HF) não acompanha a tendência observada nos outros hidretos do mesmo grupo.

O HF é o único hidreto do grupo 17 que realiza interação do tipo ligação de hidrogênio, uma interação intermolecular mais intensa, fazendo com que sua temperatura de ebulição seja bem mais alta que o esperado, diferente das temperaturas dos outros hidretos do grupo.

A diferença entre as temperaturas de ebulição do cloreto de hidrogênio (HCl), do brometo de hidrogênio (HBr) e do iodeto de hidrogênio (HI) se deve ao aumento do tamanho e da massa das moléculas. Quanto maior o tamanho e a massa, maior a temperatura de ebulição.

Substância	Temperatura de ebulição (°C) – 1 atm	Massa molecular (u)	Período da tabela
H ₂ O	100	18	2
H ₂ S	-60,4	34	3
H ₂ Se	-41,25	80,9	4
H ₂ Te	-2,2	129,6	5

Tab. 3 Temperaturas de ebulição das substâncias H₂O, H₂S, H₂Se e H₂Te.

O mesmo comportamento observado nos hidretos do grupo 17 pode ser observado nos do grupo 16. Veja que a água (H₂O) é a única substância que realiza interação do tipo ligação de hidrogênio (interação mais intensa) e, portanto, apresenta a maior temperatura de ebulição. O sulfeto de hidrogênio (H₂S), o seleneto de hidrogênio (H₂Se) e o telureto de hidrogênio (H₂Te) são polares e realizam interação do tipo dipolo permanente, mais fraca que a ligação de hidrogênio, apresentando temperaturas de ebulição mais baixas que a da H₂O.

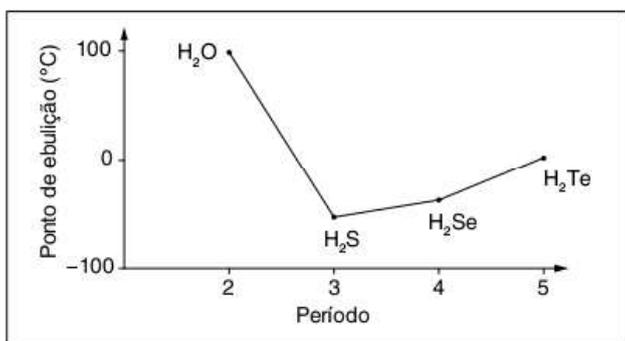
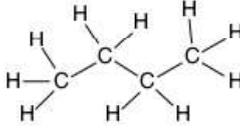
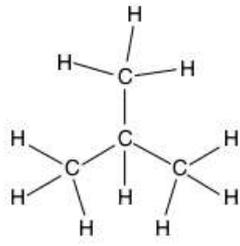


Fig. 2 A diferença entre as temperaturas de ebulição das demais substâncias se deve ao aumento do tamanho e da massa das moléculas. Quanto maior o tamanho e a massa, maior a temperatura de ebulição.

Fórmula estrutural	Massa molecular (u)	Temperatura de ebulição (°C)
 <p>butano</p>	58	-0,5
 <p>isobutano</p>	58	-11,7

Tab. 4 Temperatura de ebulição do butano e do isobutano.

Observe que os dois compostos são apolares, realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo induzido) e apresentam a mesma massa molecular (58u). Nesse caso, o formato da molécula é o fator determinante das temperaturas de ebulição.

Moléculas com formatos mais alongados e extensos apresentam maior superfície de contato. Dessa forma, encaixam-se melhor entre si, e com isso, há maior intensidade na atração intermolecular.

ATENÇÃO!

Quando comparamos a temperatura de ebulição de hidrocarbonetos isômeros, quanto mais ramificada for a cadeia, menor a superfície de contato entre os compostos e consequentemente menor a temperatura de ebulição.

SAIBA MAIS

Número de ligações de hidrogênio por molécula

Foi visto que as ligações de hidrogênio ocorrem apenas quando o hidrogênio está ligado a flúor, oxigênio e nitrogênio. As substâncias mais simples que formam ligações de hidrogênio são a amônia (NH₃), a água (H₂O) e o fluoreto de hidrogênio (HF).

Como a ligação de hidrogênio ocorre entre o hidrogênio de carga parcial positiva de uma molécula e o elemento com carga parcial negativa da outra molécula, a força da ligação de hidrogênio está relacionada à diferença de eletronegatividade entre o hidrogênio e o outro elemento que forma a molécula, pois quanto mais polarizada for a ligação covalente, mais forte será a força de atração entre as moléculas.

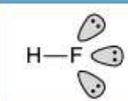
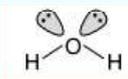
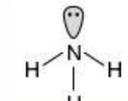
Dessa forma, a ordem crescente da força das ligações de hidrogênio é NH₃ < H₂O < HF.

Porém, quando comparamos as temperaturas de ebulição dessas substâncias, podemos observar um comportamento diferente:

Substância	Temperatura de ebulição (°C) – 1 atm	Massa molecular (u)
NH ₃	-33,3	17
H ₂ O	100	18
HF	19,5	20

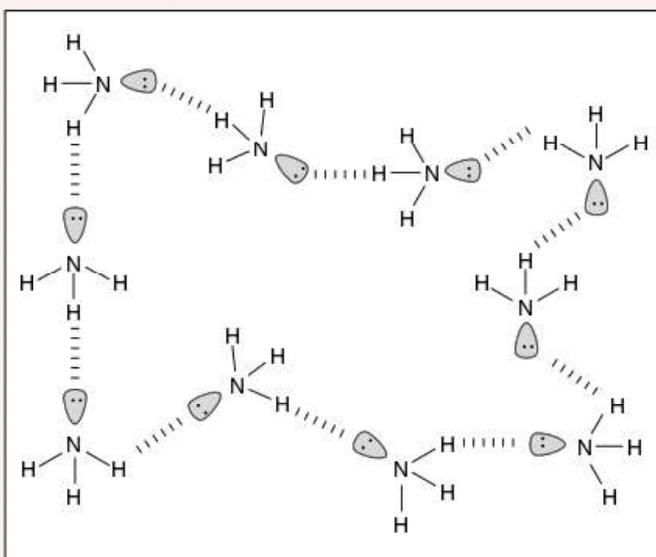
Como a polaridade e a massa molecular do HF são maiores, era esperado que a temperatura de ebulição fosse superior à da água. Porém, isso não é visto, porque, para que a ligação de hidrogênio ocorra, é necessário que o hidrogênio com carga parcial positiva se atrai a um par de elétrons não compartilhados do elemento mais eletronegativo.

Observe a tabela a seguir:

Substância	Número de H ligado em F, O ou N	Número de pares de elétrons livres	Número de ligações de hidrogênio por molécula
HF		3	2
H ₂ O		2	4
NH ₃		1	2

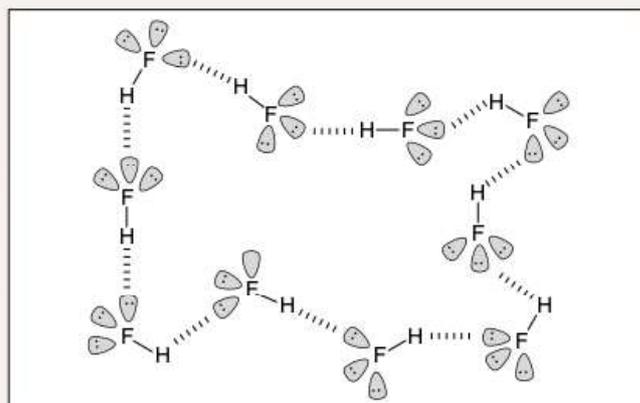
Analisando as informações da tabela, podemos notar que:

- Na molécula de amônia, apesar de existirem três hidrogênios ligados ao nitrogênio, há apenas um par de elétrons livres, ou seja, não existem pares de elétrons suficientes para todos os hidrogênios. Imagine uma situação hipotética em que um recipiente contém apenas 1.000 moléculas de amônia no estado líquido. Nesse recipiente, existiriam 3.000 átomos de hidrogênio, mas apenas 1.000 pares de elétrons, de forma que 2.000 hidrogênios ficariam sem ligação de hidrogênio. Para melhor visualização, observe a figura a seguir, com 10 moléculas:



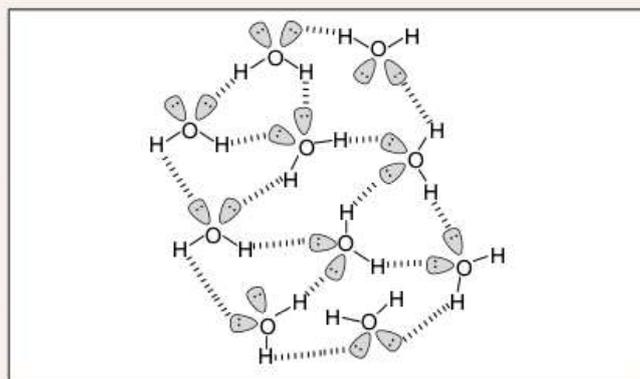
Apenas duas ligações de hidrogênio por molécula.

- Na molécula de fluoreto de hidrogênio, a situação se inverte: apesar de existirem três pares de elétrons livres, há apenas um hidrogênio ligado ao flúor, ou seja, não existem hidrogênios suficientes para todos os pares de elétrons. No caso hipotético de 1.000 moléculas de fluoreto de hidrogênio no estado líquido, 2.000 pares de elétrons ficariam sem ligação de hidrogênio. Para melhor visualização, observe a figura a seguir, com 10 moléculas:



Apenas duas ligações de hidrogênio por molécula.

- Na molécula de água, existem dois átomos de hidrogênio ligados ao oxigênio e dois pares de elétrons livres no oxigênio, ou seja, há um átomo de hidrogênio para cada par de elétrons. No caso hipotético de 1.000 moléculas de água no estado líquido, existiriam 2.000 átomos de hidrogênio e 2.000 pares de elétrons, de forma que todos poderiam formar ligações de hidrogênio. Para melhor visualização, observe a figura a seguir, com 10 moléculas:



Quatro ligações de hidrogênio por molécula.

Como a água realiza um número maior de ligações de hidrogênio, sua temperatura de ebulição é maior que a da amônia e do fluoreto de hidrogênio.

Solubilidade dos compostos

Dois substâncias são solúveis entre si ou se dissolvem uma na outra quando formam uma mistura homogênea. Para que isso aconteça, é necessário que existam forças de atração entre as partículas do soluto (substância que vai ser dissolvida) e as partículas do solvente (substância em que vai ocorrer a dissolução).

Uma regra muito usada para prever a solubilidade é: **semelhante dissolve semelhante**.

Substâncias que apresentam a mesma polaridade tendem a se agrupar e/ou interagir entre si, o mesmo não acontece com substâncias que apresentam polaridades diferentes, elas não interagem, formando as fases que observamos nas misturas heterogêneas.

As substâncias iônicas, por exemplo, tendem a se dissolver em solventes polares, assim como substâncias polares podem misturar-se formando soluções líquidas. No entanto, substâncias polares não podem ser dissolvidas em substâncias apolares e vice-versa. Ao tentarmos misturar água (H₂O) e iodo (I₂), por exemplo, o sistema formado será heterogêneo, pois a água é polar e o iodo é apolar, portanto a interação entre essas duas substâncias é bem reduzida.

Se misturarmos I₂ em tetracloreto de carbono (CCl₄), o sistema formado será homogêneo, pois são duas substâncias apolares e realizam o mesmo tipo de interação (dipolo induzido).

Outro exemplo é a dissolução de NaCl em água. As moléculas de água, com sua alta polaridade, conseguem envolver os íons individualmente conforme se soltam do retículo cristalino (sofrem dissociação), por meio de uma interação chamada de **ion-dipolo**. Os cátions são estabilizados pelo lado negativo da água e os ânions, pelo lado positivo (Fig. 3).

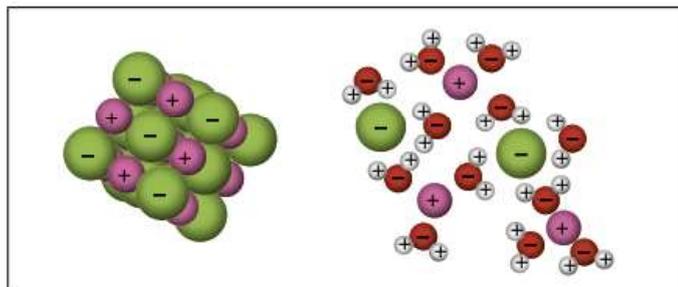
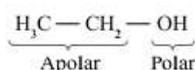


Fig. 3 Solvatação do NaCl.

A regra geral “semelhante dissolve semelhante” deve ser usada com cautela, principalmente em compostos orgânicos.

Compostos como os hidrocarbonetos (C_xH_y), que são apolares, e os haletos (R – X) (X = halogênio), que são muito pouco polares, são insolúveis em água. Já compostos que apresentam funções orgânicas oxigenadas e nitrogenadas, como álcoois, éteres, cetonas, aminas, entre outros, têm uma parte apolar (cadeia carbônica) e uma parte polar (grupo funcional) e, portanto podem ser solúveis ou insolúveis em água, dependendo de alguns fatores.



Por exemplo, metanol, etanol e propanol são álcoois miscíveis com água em quaisquer proporções. Nesses casos, os grupos alquila (–CH₃, –C₂H₅, –C₃H₇, respectivamente), que são apolares, são relativamente pequenos e não atrapalham a formação da ligação de hidrogênio entre a água e o grupo hidroxila dos álcoois (Fig. 4).

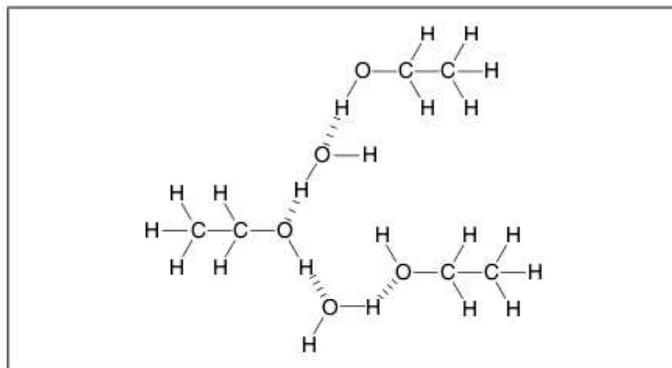


Fig. 4 Ligação de hidrogênio entre água e grupos hidroxila.

Em contrapartida, esses mesmos grupos alquila são responsáveis pela solubilidade dos álcoois em solventes apolares, tais como a gasolina, que é um hidrocarboneto, por meio de interações dipolo induzido.

Nos álcoois com cadeias carbônicas maiores, a solubilidade em água diminui consideravelmente. Por exemplo, o butanol e o pentanol têm solubilidade em água muito baixa (8,3 e 2,4 g/100 g de H₂O a 20 °C, respectivamente); já o decanol (Fig. 5) é insolúvel em água, pois, apesar de ser possível a formação de ligações de hidrogênio entre o grupo hidroxila e a água, a cadeia carbônica (parte apolar) desse álcool é muito grande, tornando o composto predominantemente apolar. Diz-se que a cadeia longa de carbonos (parte apolar) é **hidrofóbica**, ao passo que o grupo hidroxila (parte polar) é **hidrofílico**.

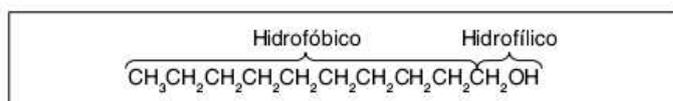


Fig. 5 Decanol.

A solubilidade dos compostos orgânicos em água pode ser prevista de forma mais clara pelas seguintes regras:

- Hidrocarbonetos (C_xH_y) e haletos orgânicos (R – X) são insolúveis.
- Compostos que apresentam **um grupo hidrofílico** (grupo polar capaz de realizar ligação de hidrogênio com a água), por exemplo, uma função oxigenada ou nitrogenada e cadeias carbônicas com:
 - até três carbonos são solúveis;
 - quatro ou cinco carbonos são parcialmente solúveis;
 - seis ou mais carbonos são insolúveis.

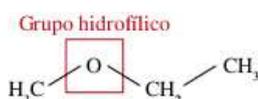
ATENÇÃO!

Empiricamente, toda substância tem algum grau de solubilidade em outra. Por exemplo, óleo mineral e água não se misturam. No entanto, caso as duas sejam colocadas no mesmo recipiente e posteriormente separadas, a água se tornará não potável, pois haveria uma pequena dissolução do óleo na água.

Não há consenso em relação à quantidade de substância que deve ser dissolvida para que seja considerada solúvel. Na Química Geral, costuma-se dizer que, para solubilidade acima de 0,01 mol/L, o composto é solúvel, já em Química Orgânica são considerados solúveis compostos com solubilidade a partir de 3 g em 100 mL (30 g/L).

Observe os exemplos a seguir:

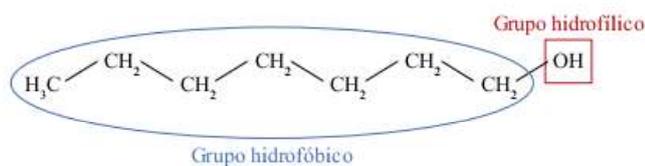
- a) O composto metoxietano é solúvel em água, pois apresenta um grupo hidrofílico e uma cadeia com três carbonos.



- b) O composto propanona é solúvel em água, pois apresenta um grupo hidrofílico e uma cadeia com três carbonos.

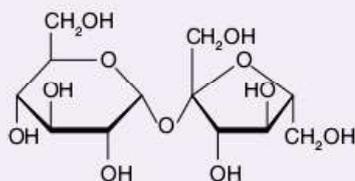


- c) O composto heptanol é insolúvel em água, pois, apesar de apresentar um grupo hidrofílico, sua cadeia carbônica (parte apolar) apresenta sete carbonos.



ATENÇÃO!

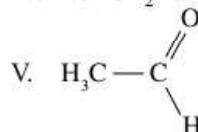
Para substâncias com mais de um grupo hidrofílico, essa regra não se aplica. Por exemplo, a sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁) tem doze carbonos, mas a presença de onze grupos hidrofílicos a torna altamente solúvel em água.



Exercício resolvido

1 Dadas as seguintes substâncias orgânicas:

- I. H₃C-CH₂-O-CH₂-CH₃
 II. H₃C-CH₂-CH₂-CH₂-OH
 III. H₃C-CH₂-CH₂-CH₃
 IV. HO-CH₂-CH₂-CH₂-CH₂-OH



Quais alternativas contêm, respectivamente, a substância que apresenta maior temperatura de ebulição e a de menor solubilidade em água?

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

Resolução:

Os compostos II e IV podem formar ligações de hidrogênio, portanto devem apresentar as maiores temperaturas de ebulição. Como o composto IV apresenta dois grupos -OH, ele pode formar mais ligações de hidrogênio que o II, logo tem maior temperatura de ebulição.

O único composto que não apresenta grupo hidrofílico é o III. Portanto, não pode formar ligações de hidrogênio com a água e deve apresentar a menor solubilidade.

Alternativa: C.

Sabões e detergentes

A manufatura do sabão constitui uma das sínteses químicas conhecidas mais antigas. A hidrólise básica dos glicerídeos (óleos ou gorduras) dá origem aos sais de ácidos carboxílicos e ao glicerol (Fig. 6). Essa reação é também conhecida como **saponificação**.

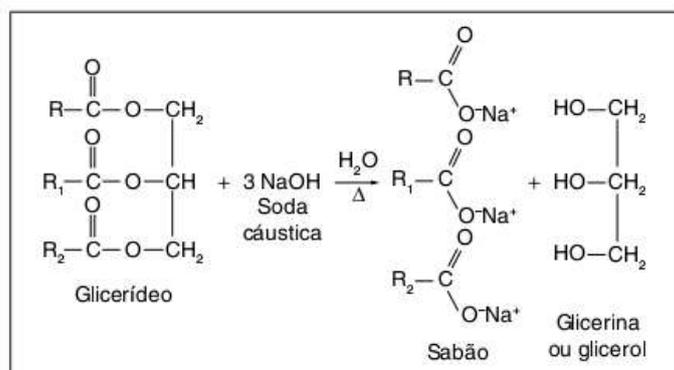


Fig. 6 Hidrólise de glicerídeo.

Os sabões (Fig. 7) são, portanto, sais de sódio e/ou potássio de ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos).

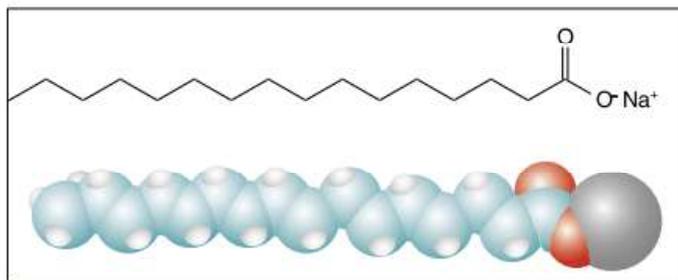


Fig. 7 Palmitato de sódio (sabão comum).

Os detergentes (Fig. 8), por sua vez, foram desenvolvidos no início do século XX. São sais de sódio de ácido sulfônico de cadeia longa.

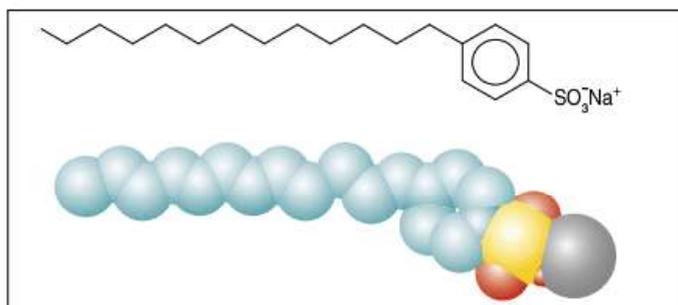


Fig. 8 Laurilbenzenosulfonato de sódio (detergente comum).

Observe que, apesar de apresentarem funções orgânicas diferentes, eles têm ação semelhante. Ambos possuem um grupo funcional hidrofílico muito polar (iônico) e uma cadeia carbônica longa (grupo hidrofóbico). Tanto o sabão quanto o detergente são moléculas anfifílicas e podem ser representados esquematicamente conforme a Fig. 9:

Molécula anfifílica: aquela cuja estrutura tem uma parte hidrofílica (solúvel em água) e outra parte lipofílica (solúvel em lipídios).

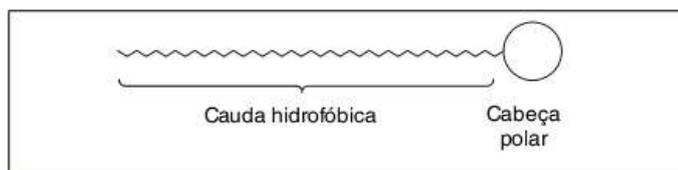


Fig. 9 Representação esquemática de um sabão ou detergente.

Essa estrutura permite que a molécula do sabão interaja simultaneamente com substâncias apolares, como óleos e gorduras, e com a água, formando micelas (Fig. 10). Os óleos e gorduras ficam na parte interna apolar da micela e a parte externa (polar) interage com a água.

Micela: estrutura globular formada por um agregado de moléculas anfipáticas, ou seja, compostos com características simultaneamente polares e apolares, dispersos em um líquido, constituindo uma das fases de um coloide.

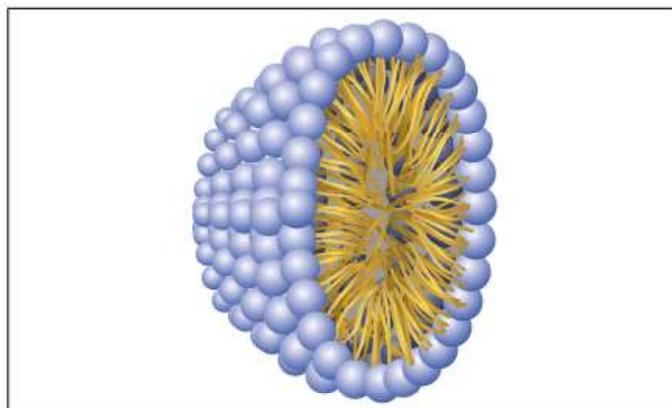


Fig. 10 Micela.

O processo de formação de micelas é denominado **emulsificação**. Dizemos que o sabão ou o detergente atuam como emulsificantes ou emulsionantes, ou seja, têm a propriedade de fazer com que o óleo ou a gordura se disperse na água, formando uma emulsão. A Fig. 11 demonstra esse processo:

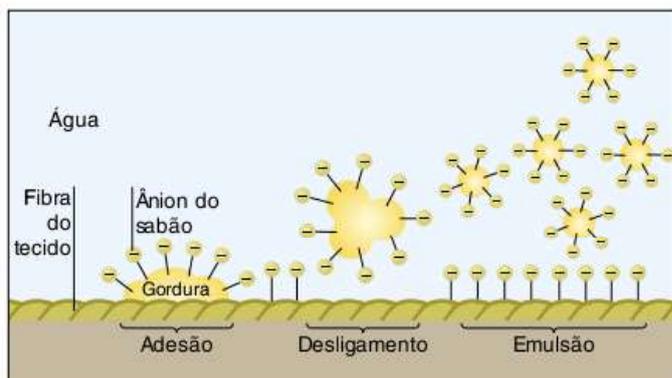


Fig. 11 Ação de limpeza de um sabão ou detergente.

A formação de uma monocamada (Fig. 12) de sabão ou detergente na superfície da água é responsável também pelo **efeito tensoativo ou surfactante**, ou seja, pela diminuição da tensão superficial da água.

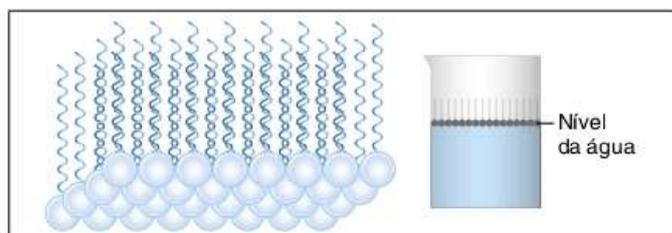


Fig. 12 Monocamada na superfície da água.

SAIBA MAIS

Bolha de sabão

Bolha de sabão é uma película muito fina de sabão e água em forma de esfera. Normalmente, as bolhas de sabão duram apenas alguns segundos e logo explodem por si mesmas ou por contato com outro objeto.

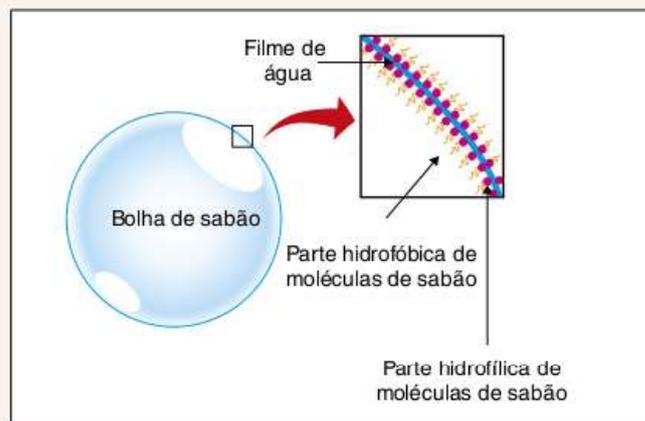
Ao primeiro contato com a bolha, a parte apolar do sabão é atraída pelo objeto e expõe a fina camada de água ao ar. O desmanche da camada de água se propaga rapidamente para o outro lado da bolha.

Surge, assim, a pergunta: como se forma uma bolha de sabão?

A bolha pode existir porque a camada muito fina de água tem certa tensão superficial, o que faz com que a camada se comporte como uma folha elástica e adquira o formato esférico, pois a esfera tem uma menor área superficial para um volume determinado. Essa tensão superficial é causada pela forte atração que as moléculas de água possuem entre si.

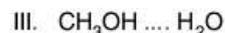
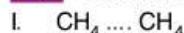
O sabão é outro componente essencial para a formação da bolha. É um erro acreditar que o sabão aumenta a tensão superficial da água. Na realidade, ele faz justamente o contrário,

diminuindo a tensão superficial de um líquido, aproximadamente $\frac{1}{3}$. O sabão estabiliza a bolha por reduzir a evaporação da água e, principalmente, por aprisionar uma fina camada de água entre sua parte polar, enquanto sua parte apolar mantém contato com o ar.



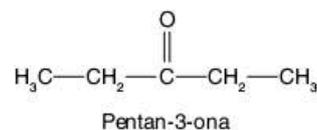
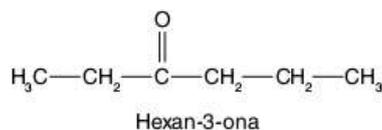
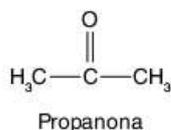
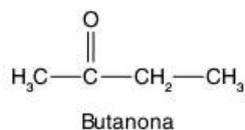
Revisando

1 Considere as seguintes interações:



Identifique as forças intermoleculares predominantes que atuam nas interações I, II e III.

2 Considere as seguintes substâncias:



As temperaturas de ebulição, sob pressão de 1 atm, dessas substâncias são, 101 °C, 80 °C, 124 °C e 56 °C, não necessariamente nessa ordem. Estabeleça uma relação entre as estruturas e as temperaturas de ebulição.

3 Pode-se afirmar que, sob a mesma pressão, a temperatura de ebulição do butan-1-ol ($\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$) é maior que a do éter dietílico ($\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$). Explique esse comportamento com base na estrutura desses compostos.

4 Identifique o composto que apresenta a maior e a menor temperatura de ebulição.

- I. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
- II. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$
- III. $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
- IV. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

5 Os ácidos em maior ou menor grau são prejudiciais quando manuseados ou podem causar danos só de chegarmos perto. Alguns deles em temperatura ambiente são gases (isso se deve ao fato de apresentarem baixas temperaturas de ebulição) e a sua inalação pode provocar irritação das vias respiratórias.

(SARDELLA, A. *Química*. São Paulo: Ática, 2005. p. 74 (Série Novo ensino médio, vol. único).

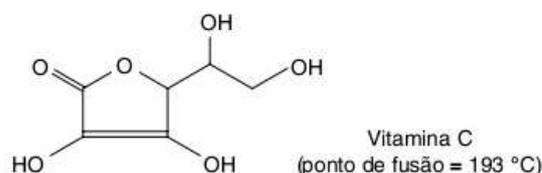
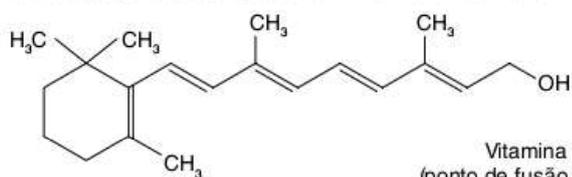
De acordo com a tabela a seguir, determine a ordem crescente das temperaturas de ebulição dos ácidos.

Composto	Massa molecular (u)
H_2S	34
H_2Se	81
H_2Te	129

6 Organize as substâncias I, II e III em ordem crescente de temperatura de ebulição.

- I. $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- II. $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
- III. $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$

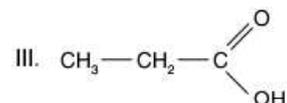
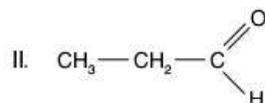
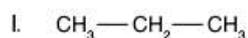
7 Uma das propriedades que determina maior ou menor concentração de uma vitamina na urina é a sua solubilidade em água.



a) Qual dessas vitaminas é mais facilmente eliminada na urina? Justifique.

b) Dê uma justificativa para a temperatura de fusão da vitamina C ser superior à da vitamina A.

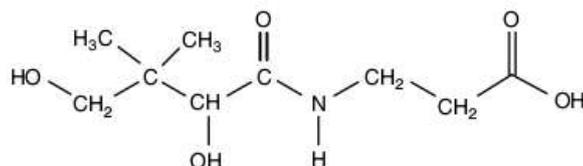
8 Com relação aos compostos I, II e III a seguir, responda:



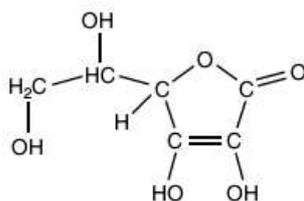
- a) Qual deles possui maior temperatura de ebulição? Justifique sua resposta.
- b) Qual é o menos solúvel em água? Justifique sua resposta.
- c) Quais são aqueles que formam ligações de hidrogênio entre suas moléculas? Mostre a formação dessas ligações.

9 As vitaminas são compostos orgânicos, presentes nos alimentos, essenciais para o funcionamento normal do metabolismo. As vitaminas podem ser classificadas em dois grupos de acordo com sua solubilidade: lipossolúveis (solúveis em gordura) e hidrossolúveis (solúveis em água). Baseando-se nas estruturas, classifique as vitaminas a seguir como lipossolúvel ou hidrossolúvel.

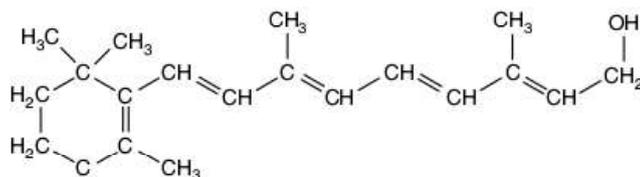
a) Vitamina B5



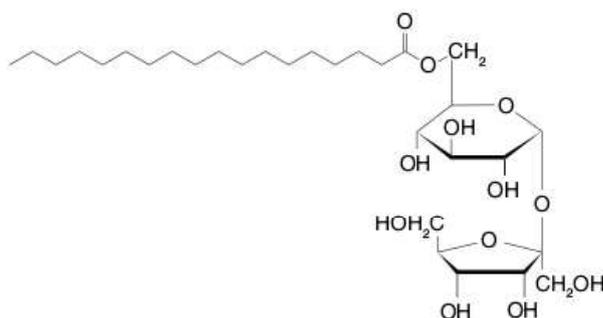
b) Vitamina C



c) Vitamina A



10 Um tensoativo bastante utilizado na produção de alimentos, tais como sorvete e maionese, tem sua fórmula mostrada a seguir.



Na fórmula do tensoativo, circunde com linha pontilhada a parte hidrofílica e a parte hidrofóbica. Justifique sua escolha em termos de forças de interação com a água e o óleo.

Exercícios propostos

1 UFPE A compreensão das interações intermoleculares é importante para a racionalização das propriedades físico-químicas macroscópicas, bem como para o entendimento dos processos de reconhecimento molecular que ocorrem nos sistemas biológicos. A tabela a seguir apresenta as temperaturas de ebulição (TE), para três líquidos à pressão atmosférica.

Líquido	Fórmula Química	TE (°C)
acetona	$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	56
água	H_2O	100
etanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	78

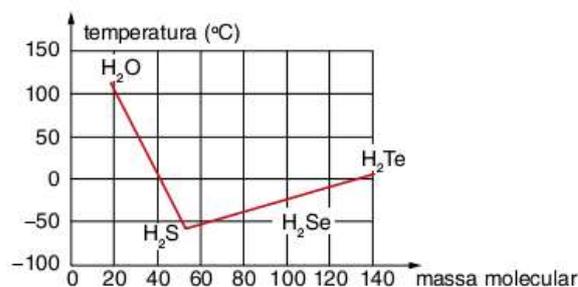
Com relação aos dados apresentados na tabela acima, podemos afirmar que:

- as interações intermoleculares presentes na acetona são mais fortes que aquelas presentes na água.
- as interações intermoleculares presentes no etanol são mais fracas que aquelas presentes na acetona.
- dos três líquidos, a acetona é o que apresenta ligações de hidrogênio mais fortes.
- a magnitude das interações intermoleculares é a mesma para os três líquidos.
- as interações intermoleculares presentes no etanol são mais fracas que aquelas presentes na água.

2 PUC-MG À temperatura ambiente, o éter etílico evapora mais rapidamente do que a água. Sendo assim, pode-se concluir que, em relação à água, o éter etílico apresenta:

- temperatura de ebulição mais alta.
- pressão de vapor menor.
- ligações intermoleculares mais fracas.
- menor volatilidade.

3 PUC-MG Analise o gráfico, que apresenta as temperaturas de ebulição de compostos binários do hidrogênio com elementos do grupo 16 (coluna 6A), à pressão de 1 atm.



A partir das informações apresentadas, é incorreto afirmar que:

- a substância mais volátil é o H_2S , pois apresenta a menor temperatura de ebulição.
- a água apresenta maior temperatura de ebulição, pois apresenta ligações de hidrogênio.

- (c) todos os hidretos são gases à temperatura ambiente, exceto a água, que é líquida.
- (d) a 100 °C, a água ferve, rompendo as ligações covalentes antes das intermoleculares.

4 UFC A temperatura normal de ebulição do 1-propanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, é 97,2 °C, enquanto o composto metoxietano, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_3$, de mesma composição química, entra em ebulição normal em 7,4 °C.

Assinale a alternativa que é compatível com esta observação experimental.

- (a) O mais elevado ponto de ebulição do 1-propanol deve-se principalmente às ligações de hidrogênio.
- (b) O 1-propanol e o metoxietano ocorrem no estado líquido, à temperatura ambiente.
- (c) Geralmente, os álcoois são mais voláteis do que os éteres, por dissociarem mais facilmente o íon H^+ .
- (d) Em valores de temperatura abaixo de 7,4 °C, a pressão de vapor do metoxietano é maior do que a pressão atmosférica.
- (e) Em valores de temperatura entre 7,4 e 96 °C, a pressão de vapor do 1-propanol é sempre maior do que a de igual quantidade do metoxietano.

5 PUC-RS

	Nome do Composto	Fórmula
I	n-pentano	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
II	neo-pentano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
III	pentanol	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
IV	1,5-pentanodiol	$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
V	2-cloro 2-metil propano	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Pela análise do quadro, conclui-se que a ordem crescente dos pontos de ebulição dos compostos indicados é:

- (a) $\text{I} < \text{II} < \text{III} < \text{IV} < \text{V}$
- (b) $\text{II} < \text{I} < \text{V} < \text{III} < \text{IV}$
- (c) $\text{II} < \text{V} < \text{I} < \text{III} < \text{IV}$
- (d) $\text{III} < \text{IV} < \text{I} < \text{II} < \text{V}$
- (e) $\text{IV} < \text{III} < \text{V} < \text{I} < \text{II}$

6 PUC-MG 2015 Numere a segunda coluna de acordo com a primeira, relacionando a substância com seu ponto normal de ebulição em °C.

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| 1. H_2O | () -165,5 |
| 2. Hg | () 65 |
| 3. CH_4 | () 78 |
| 4. CH_3OH | () 100 |
| 5. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ | () 357 |

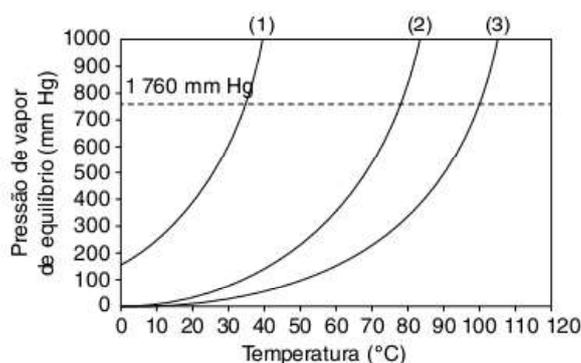
A sequência **correta** encontrada é:

- (a) 2 – 4 – 5 – 1 – 3
- (b) 2 – 5 – 4 – 1 – 3
- (c) 3 – 4 – 5 – 1 – 2
- (d) 3 – 5 – 4 – 1 – 2

7 UCS 2014 O sulfeto de hidrogênio, H_2S , é um dos compostos responsáveis pela halitose, ou mau hálito. Ele é formado pela reação das bactérias presentes na boca com os restos de alimento. Apesar de apresentar estrutura semelhante à molécula de água, o H_2S é um gás à temperatura ambiente e pressão atmosférica, porque apresenta

- (a) forças intermoleculares mais fracas em relação às ligações de hidrogênio na água.
- (b) forças intermoleculares mais fortes em relação às ligações de hidrogênio na água.
- (c) ligação iônica, e a água apresenta geometria angular.
- (d) ligação covalente, e a água apresenta ligação iônica.
- (e) geometria linear e ligação covalente.

8 UCS 2015 Se um líquido for aquecido a uma temperatura suficientemente elevada, a tendência ao escape de suas moléculas torna-se tão grande que ocorre a ebulição. Em outras palavras, "um líquido entra em ebulição quando a pressão máxima de seus vapores torna-se igual à pressão externa – que, no caso de um recipiente aberto, é a pressão atmosférica local". No gráfico abaixo encontram-se representadas as curvas de pressão de vapor de equilíbrio para três líquidos puros distintos (aqui designados por (1), (2) e (3), respectivamente), em função da temperatura.



Fonte: RUSSELL, John B. *Química Geral*. 2. ed., v. 1, 1994. p. 460. (Adapt.)

Considerando que os três líquidos tenham sido aquecidos até a ebulição, em um mesmo local e ao nível do mar, assinale a alternativa correta.

- (a) A pressão de vapor de equilíbrio do líquido (1) é menor do que a dos líquidos (2) e (3), a 25 °C.
- (b) A 30 °C, o líquido (1) é o menos volátil de todos.
- (c) O menor ponto de ebulição está associado ao líquido (2).
- (d) As forças intermoleculares que ocorrem no líquido (3) são mais fortes do que aquelas nos líquidos (1) e (2).
- (e) Os líquidos (1), (2) e (3) apresentam pontos de ebulição idênticos.

9 Unesp O petróleo é um dos principais constituintes da matriz energética de todos os países do mundo. A gasolina é a denominação de uma fração extraída do petróleo, constituída principalmente por hidrocarbonetos cujas moléculas apresentam 8 átomos de carbono e que podem conter, entre outros, os seguintes hidrocarbonetos:

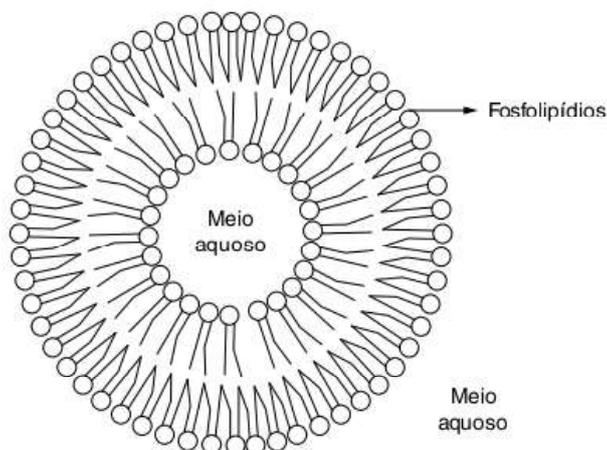
- I. n-octano – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$, $t_{\text{eb(I)}}$;
- II. 2,2,4-trimetilpentano – $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$, $t_{\text{eb(II)}}$;
- III. 2-metileptano – $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$, $t_{\text{eb(III)}}$.

onde, $t_{\text{eb(I)}}$, $t_{\text{eb(II)}}$ e $t_{\text{eb(III)}}$ são, respectivamente, as temperaturas de ebulição dos hidrocarbonetos (I), (II) e (III).

Em relação aos hidrocarbonetos citados, é correto afirmar que

- (a) podem ser formadas ligações de hidrogênio entre suas moléculas.
- (b) todos são formados por moléculas polares.
- (c) todos apresentam o mesmo ponto de ebulição.
- (d) seus pontos de ebulição obedecem à relação $t_{\text{eb(II)}} < t_{\text{eb(III)}} < t_{\text{eb(I)}}$.
- (e) seus pontos de ebulição obedecem à relação $t_{\text{eb(I)}} < t_{\text{eb(II)}} = t_{\text{eb(III)}}$.

10 Enem 2012 Quando colocamos em água, os fosfolípidos tendem a formar lipossomos, estruturas formadas por uma bicamada lipídica, conforme mostrado na figura. Quando rompida, essa estrutura tende a se reorganizar em um novo lipossomo.

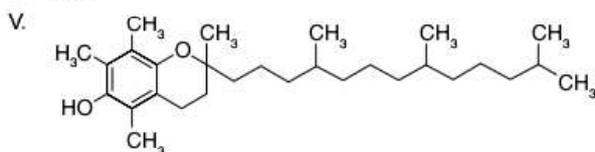
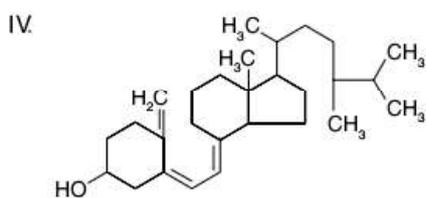
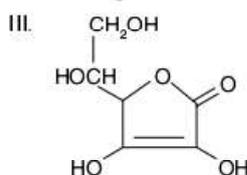
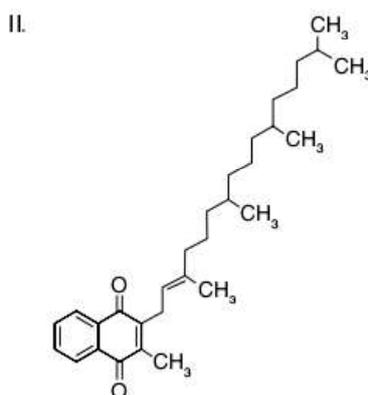
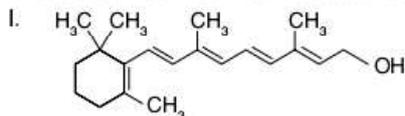


Disponível em: <<http://course1.winona.edu>>
Acesso em: 1 mar. 2012. (Adapt.)

Esse arranjo característico se deve ao fato de os fosfolípidos apresentarem uma natureza

- (a) polar, ou seja, serem inteiramente solúveis em água.
- (b) apolar, ou seja, não serem solúveis em solução aquosa.
- (c) anfotérica, ou seja, podem comportar-se como ácidos e bases.
- (d) insaturada, ou seja, possuírem duplas ligações em sua estrutura.
- (e) anfífila, ou seja, possuírem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica.

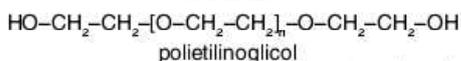
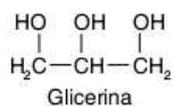
11 Enem 2012 O armazenamento de certas vitaminas no organismo apresenta grande dependência de sua solubilidade. Por exemplo, vitaminas hidrossolúveis devem ser incluídas na dieta diária, enquanto vitaminas lipossolúveis são armazenadas em quantidades suficientes para evitar doenças causadas pela sua carência. A seguir são apresentadas as estruturas químicas de cinco vitaminas necessárias ao organismo.



Dentre as vitaminas apresentadas na figura, aquela que necessita de maior suplementação diária é

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

12 Enem A pele humana, quando está bem hidratada, adquire boa elasticidade e aspecto macio e suave. Em contrapartida, quando está ressecada, perde sua elasticidade e se apresenta opaca e áspera. Para evitar o ressecamento da pele é necessário, sempre que possível, utilizar hidratantes umectantes, feitos geralmente à base de glicerina e polietilenoglicol:



Disponível em: <<http://www.brasilecola.com>>.
Acesso em: 23 abr. 2010. (Adapt.)

A retenção de água na superfície da pele promovida pelos hidratantes é consequência da interação dos grupos hidroxila dos agentes umectantes com a umidade contida no ambiente por meio de

- (a) ligações iônicas.
- (b) forças de London.
- (c) ligações covalentes.
- (d) forças dipolo-dipolo.
- (e) ligações de hidrogênio.

13 Unicamp 2015 Os sprays utilizados em partidas de futebol têm formulações bem variadas, mas basicamente contêm água, butano e um surfactante. Quando essa mistura deixa a embalagem, forma-se uma espuma branca que o árbitro utiliza para marcar as posições dos jogadores. Do ponto de vista químico, essas informações sugerem que a espuma estabilizada por certo tempo seja formada por pequenas bolhas, cujas películas são constituídas de água e

- (a) surfactante, que aumenta a tensão superficial da água.
- (b) butano, que aumenta a tensão superficial da água.
- (c) surfactante, que diminui a tensão superficial da água.
- (d) butano, que diminui a tensão superficial da água.

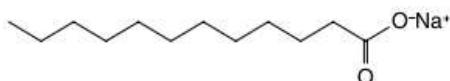
14 Imed 2016 Considere os seguintes álcoois:

- I. CH_3-OH
- II. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
- III. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$
- IV. $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$

Assinale a alternativa que apresenta em ordem crescente a solubilidade desses álcoois em água.

- (a) II < III < IV < I
- (b) II < I < IV < III
- (c) I < IV < III < II
- (d) I < II < III < IV
- (e) III < II < I < IV

15 UEG 2015 A remoção de gordura em utensílios domésticos é feita por ação mecânica, entretanto, a ação dos sabões facilita o processo de remoção de sujeiras gordurosas. Um exemplo de uma molécula de sabão é o dodecanoato de sódio, cuja estrutura química está mostrada a seguir.



O papel do sabão no processo de limpeza ocorre devido à

- (a) interação de van der Waals da parte apolar e à ligação de hidrogênio da parte polar de sua molécula, respectivamente, com a gordura e a água.

- (b) redução do pH do meio, possibilitando a solubilização da gordura na água.
- (c) diminuição da densidade da água, facilitando a precipitação das moléculas de gordura, que serão removidas por centrifugação.
- (d) tensão superficial da água que é elevada e que possibilita a formação de espuma que remove a sujeira.

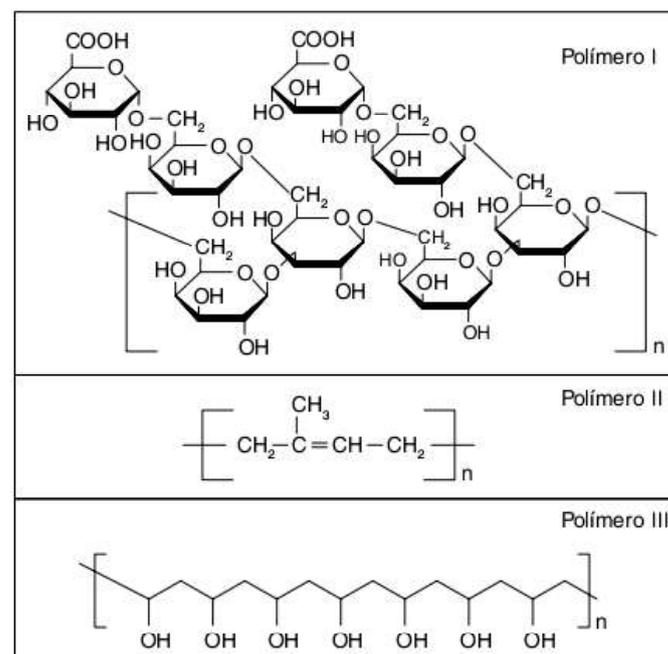
16 Fatec 2015 Após identificar a presença de álcool etílico, $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$, em amostras de leite cru refrigerado usado por uma empresa na produção de leite longa vida e de requeijão, fiscais da superintendência do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento recomendaram que os lotes irregulares dos produtos fossem recolhidos das prateleiras dos supermercados, conforme prevê o Código de Defesa do Consumidor. Segundo o Ministério, a presença de álcool etílico no leite cru refrigerado pode mascarar a adição irregular de água no produto.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/m8hxq6b>>.
Acesso em: 21 ago. 2014. (Adapt.)

Essa fraude não é facilmente percebida em virtude da grande solubilidade desse composto em água, pois ocorrem interações do tipo

- (a) dipolo-dipolo.
- (b) íon-dipolo.
- (c) dispersão de London.
- (d) ligações de hidrogênio.
- (e) dipolo instantâneo-dipolo induzido.

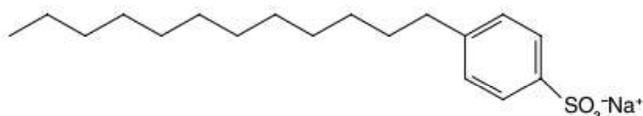
17 Fuvest 2013 Um funcionário de uma empresa ficou encarregado de remover resíduos de diferentes polímeros que estavam aderidos a diversas peças. Após alguma investigação, o funcionário classificou as peças em três grupos, conforme o polímero aderido a cada uma. As fórmulas estruturais de cada um desses polímeros são as seguintes:



Para remover os resíduos de polímero das peças, o funcionário dispõe de apenas dois solventes: água e n-hexano. O funcionário analisou as fórmulas estruturais dos três polímeros e procurou fazer a correspondência entre cada polímero e o solvente mais adequado para solubilizá-lo. A alternativa que representa corretamente essa correspondência é:

	Polímero I	Polímero II	Polímero III
(a)	água	n-hexano	água
(b)	n-hexano	água	n-hexano
(c)	n-hexano	água	água
(d)	água	água	n-hexano
(e)	água	n-hexano	n-hexano

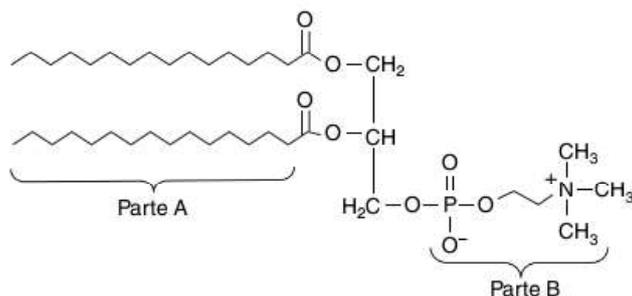
18 Unioeste 2012 Um dos grandes problemas de poluição mundial é o descarte de detergentes não biodegradáveis nos rios, lagos e mananciais. Os detergentes não biodegradáveis formam densas espumas que impedem a entrada de gás oxigênio na água e com isso afeta a vida das espécies aeróbicas aquáticas. Para resolver ou amenizar este problema surgiu o detergente biodegradável, a qual sua estrutura pode ser observada abaixo:



Com relação aos detergentes biodegradáveis, pode-se afirmar que

- (a) sua cadeia carbônica saturada apresenta somente uma ramificação.
- (b) sua estrutura apresenta uma porção polar e uma apolar.
- (c) o anel aromático é monossustituído.
- (d) a parte apolar apresenta uma cadeia insaturada.
- (e) a porção sulfônica apresenta ligação metálica.

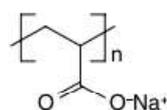
19 PUC-MG A maionese é uma emulsão formada entre óleo (azeite, por exemplo) e água (proveniente do ovo). Como água e óleo não se misturam, é necessária a presença de um agente tensoativo, que pode ser representado pelas lecitinas, fosfolípidos que podem possuir a estrutura exemplificada a seguir e que são encontrados na gema do ovo.



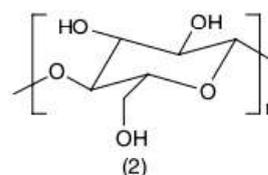
Sobre as lecitinas e seu papel na formação da maionese, é incorreto afirmar que:

- (a) as lecitinas apresentam uma porção hidrofílica (polar) representada por A e uma porção hidrofóbica (apolar) representada por B.
- (b) as lecitinas diminuem a tensão superficial entre a água e o óleo.
- (c) na formação da maionese, a parte A das lecitinas deve ficar voltada para as gotas de óleo e a parte B, para as gotas de água.
- (d) as lecitinas na maionese apresentam o mesmo papel que os detergentes na remoção de gorduras.

20 Enem 2013 As fraldas descartáveis que contêm o polímero poliacrilato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).



(1)



(2)

CURI, D. *Química nova na escola*, São Paulo, n. 23, maio 2006. (Adapt.)

A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às

- (a) interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- (b) interações íon-íon mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- (c) ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às interações íon-dipolo entre a celulose e as moléculas de água.
- (d) ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às interações dipolo induzido-dipolo induzido entre a celulose e as moléculas de água.
- (e) interações íon-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

TEXTO COMPLEMENTAR

Propriedades dos líquidos

As forças intermoleculares evidenciam algumas características e propriedades dos líquidos. Vamos analisar dois fenômenos associados aos líquidos em geral: a tensão superficial e a viscosidade. Discutiremos também as estruturas e propriedades da água.

Tensão superficial

As moléculas do interior de um líquido são puxadas em todas as direções pelas forças intermoleculares; não há tendência de elas serem puxadas em direção preferencial. Contudo, as moléculas situadas na superfície são puxadas para dentro do líquido e para os lados por outras moléculas, mas não para fora (figura a seguir).



Forças intermoleculares agindo em uma molécula situada na camada superficial de um líquido e no interior do líquido.



A tensão superficial permite que alguns insetos "andem" sobre a água.

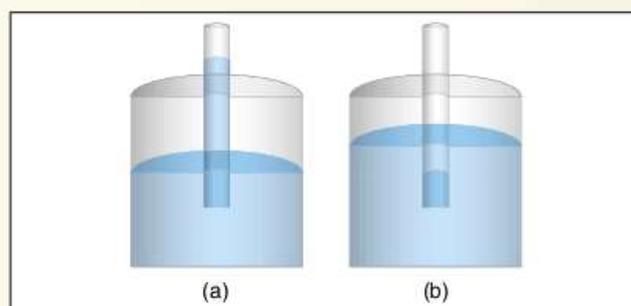
Estas atrações intermoleculares tendem a puxar as moléculas para dentro do líquido e levam a superfície a comportar-se como um filme elástico. Uma vez que as atrações entre as moléculas polares da água e as moléculas apolares da cera na superfície de um automóvel encerado são pequenas ou nulas, uma gota de água toma a forma de uma gotícula redonda, já que essa forma esférica minimiza a área superficial de um líquido. A superfície envernizada de uma maçã úmida também produz esse efeito (figura a seguir).



Gotas de água em uma maçã com a superfície encerada.

Uma medida da força elástica que existe na superfície de um líquido é a tensão superficial. A **tensão superficial** de um líquido é a quantidade de energia necessária para esticar ou aumentar a área dessa superfície em uma unidade (por exemplo, em 1 cm^2). Os líquidos que têm forças intermoleculares intensas têm também elevadas tensões superficiais. Assim, a água, devido às ligações de hidrogênio, tem uma tensão superficial consideravelmente mais elevada do que a maioria dos líquidos comuns.

Outro exemplo de existência de tensão superficial é a ação capilar. A próxima figura (a) mostra a água subindo espontaneamente em um tubo capilar. Um fino filme de água adere à parede do tubo de vidro. A tensão superficial da água provoca a contração do filme, que, por sua vez, faz a água subir no tubo. Há dois tipos de forças responsáveis pela ação capilar. Uma é a **coesão**, a atração intermolecular entre moléculas semelhantes (nesse caso, as moléculas de água). A outra, chamada de **adesão**, é a atração entre moléculas diferentes, como as da água e as das paredes do vidro. Se a adesão for mais forte que a coesão, como na figura (a), o líquido contido no tubo é puxado para cima ao longo do tubo. O processo continua até que a força de adesão seja equilibrada pelo peso da água no tubo. Esse comportamento está longe de ser universal para todos os líquidos, como se vê na figura (b). No mercúrio, a coesão é maior do que a adesão entre o mercúrio e o vidro, de modo que, quando se mergulha um tubo capilar em mercúrio, o resultado é uma descida no nível do mercúrio – ou seja, a altura do líquido no tubo capilar está abaixo do nível exterior do mercúrio no recipiente.

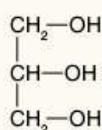


(a) Quando a adesão é maior do que a coesão, o líquido (por exemplo, a água) sobe no tubo capilar. (b) Quando a coesão é maior do que a adesão, como acontece com o mercúrio, surge uma depressão do líquido no tubo capilar. Note que o menisco no tubo com água é côncavo ou arredondado para baixo, enquanto no tubo de mercúrio é convexo ou arredondado para cima.

Viscosidade

A veracidade da expressão “lento como meloço em junho” deve-se a outra propriedade física dos líquidos chamada viscosidade. A **viscosidade** é uma medida da resistência que um fluido oferece ao escoamento. Quanto maior a viscosidade, mais lentamente flui o líquido. A viscosidade de um líquido normalmente diminui à medida que a temperatura aumenta; por isso, o meloço quente flui mais depressa do que o meloço frio.

Os líquidos que têm grandes forças intermoleculares têm também viscosidades mais altas do que os que têm forças intermoleculares mais fracas (tabela a seguir). A água tem uma viscosidade superior a de muitos outros líquidos por causa de sua capacidade de formar ligações de hidrogênio. É interessante notar que o glicerol é o líquido da tabela a seguir com maior valor de viscosidade. A estrutura do glicerol é a seguinte:



Tal como a água, o glicerol pode formar ligações de hidrogênio. Cada molécula de glicerol tem três grupos —OH que podem participar de ligações de hidrogênio com outras moléculas de glicerol.

Além disso, estas moléculas, devido à sua forma, têm grande tendência a se entrelaçar em vez de escorregar umas sobre as outras, como acontece com as moléculas de líquidos menos viscosos. Essas interações contribuem para a elevada viscosidade do glicerol.

Líquido	Viscosidade (N s/m ²)
Acetona (C ₃ H ₆ O)	3,16 · 10 ⁻⁴
Água (H ₂ O)	1,01 · 10 ⁻³
Benzeno (C ₆ H ₆)	6,25 · 10 ⁻⁴
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	1,20 · 10 ⁻³
Éter dietílico (C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅)	2,33 · 10 ⁻⁴
Glicerol (C ₃ H ₈ O ₃)	1,49
Mercúrio (Hg)	1,55 · 10 ⁻³
Sangue	4 · 10 ⁻³
Tetracloroeto de carbono (CCl ₄)	9,69 · 10 ⁻⁴

Viscosidade de alguns líquidos comuns a 20 °C

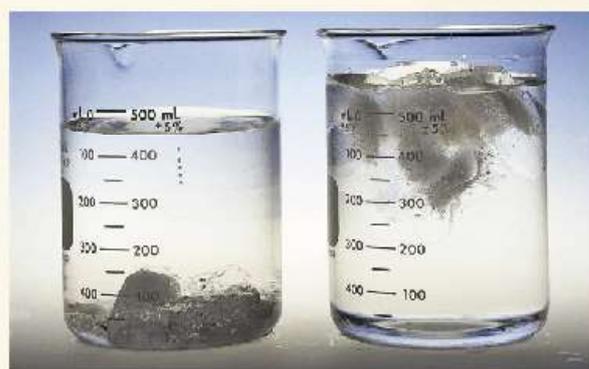
Estrutura e propriedades da água

A água é uma substância tão comum na Terra que muitas vezes não percebemos sua natureza única. Todos os processos vitais envolvem água. A água é um excelente solvente para muitos compostos iônicos, assim como para outras substâncias capazes de formar com ela ligações de hidrogênio.

A água tem um calor específico elevado. A razão disso é que a elevação da temperatura da água (isto é, o aumento da energia cinética média das moléculas da água) implica primeiramente a

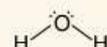
quebra de muitas ligações de hidrogênio intermoleculares existentes. Então, a água pode absorver uma quantidade substancial de calor enquanto a sua temperatura sofre apenas um ligeiro aumento. O contrário também é verdadeiro: a água pode liberar muito calor enquanto a sua temperatura diminui ligeiramente. Por essa razão, as enormes quantidades de água presentes nos lagos e oceanos podem efetivamente moderar o clima das regiões adjacentes, absorvendo calor no verão e liberando calor no inverno, sem haver, no entanto, grandes variações na temperatura da água.

A propriedade mais surpreendente da água é o fato de a sua forma sólida ser menos densa do que a líquida: o gelo flutua na superfície da água líquida. A densidade de quase todas as outras substâncias é maior no estado sólido do que no estado líquido (figura a seguir).



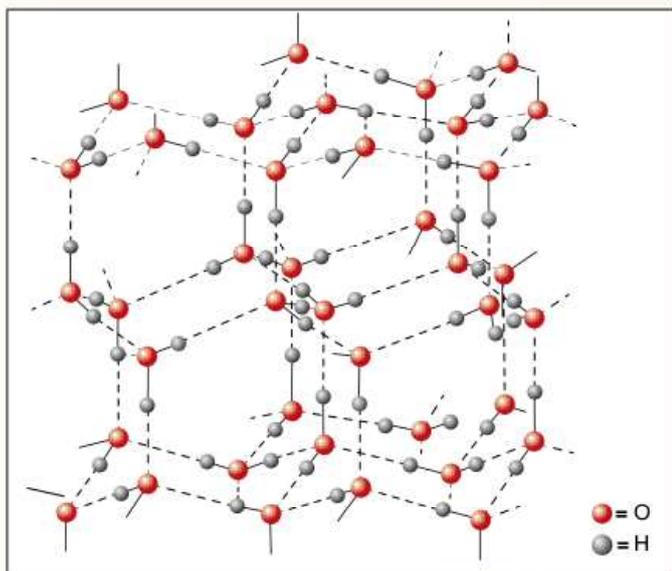
Esquerda: o benzeno sólido afunda-se no benzeno líquido. Direita: cubos de gelo flutuando na água.

Para compreender por que a água é diferente, temos que observar a estrutura eletrônica da molécula de H₂O. No átomo de oxigênio há dois pares de elétrons não ligantes, ou dois pares isolados:



Embora muitos outros compostos possam formar ligações de hidrogênio intermoleculares, a diferença entre H₂O e outras moléculas polares, como NH₃ e HF, é que cada átomo de oxigênio pode formar duas ligações de hidrogênio, ou seja, um número igual ao número de pares de elétrons isolados. Assim, as moléculas de água ficam ligadas, formando uma rede tridimensional extensa na qual cada átomo de oxigênio está ligado a quatro átomos de hidrogênio por duas ligações covalentes e por duas ligações de hidrogênio, adotando uma geometria aproximadamente tetraédrica. Esta igualdade entre o número de átomos de hidrogênio e o número de pares isolados não se verifica nem em NH₃ ou HF, nem em alguma outra molécula capaz de formar ligações de hidrogênio. Como consequência, estas moléculas podem formar anéis ou cadeias, mas não estruturas tridimensionais.

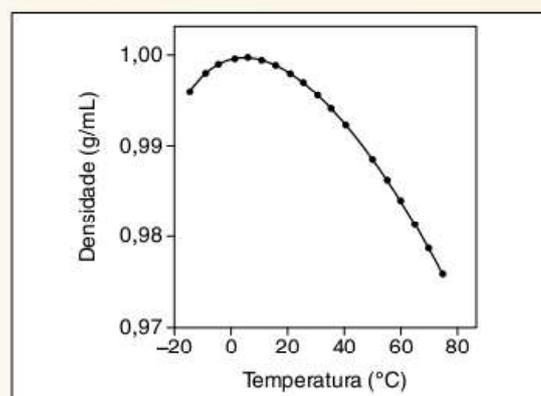
A estrutura tridimensional altamente ordenada do gelo (figura a seguir) impede as moléculas de se aproximarem demasiado umas das outras.



Estrutura tridimensional do gelo. Cada átomo de O está ligado a quatro átomos de H. As ligações covalentes estão representadas por traços curtos contínuos e as ligações de hidrogênio, mais fracas, por linhas pontilhadas mais compridas entre O e H. O espaço vazio na estrutura é responsável pela baixa densidade do gelo.

Analisemos o que acontece quando o gelo funde. No ponto de fusão, algumas moléculas de água têm energia cinética suficiente para se libertarem das ligações de hidrogênio. Estas moléculas ficam presas nas cavidades da estrutura tridimensional que se quebra, dividindo-se em pequenos agregados. Como resultado deste processo, há mais moléculas por unidade de volume na água líquida do que no gelo. Então, uma vez que a densidade = massa/

volume, a densidade da água líquida é maior que a do gelo. Com mais aquecimento, aumenta o número de moléculas que se libertam das ligações de hidrogênio, de modo que, imediatamente acima do ponto de fusão, a densidade da água aumenta com a elevação da temperatura. Claro que, ao mesmo tempo, a água expande ao ser aquecida e a sua densidade diminui. Esses dois processos – o aprisionamento das moléculas de água em cavidades e a expansão térmica – atuam em sentidos opostos. De 0 a 4 °C, o aprisionamento prevalece, e a água torna-se progressivamente mais densa. Acima de 4 °C, contudo, a expansão térmica predomina, e a densidade da água diminui à medida que a temperatura aumenta (figura ao lado).



Densidade em função da temperatura para a água líquida. A densidade máxima da água é atingida a 4 °C. A densidade do gelo a 0 °C é cerca de 0,92g/cm³.

CHANG, Raymond; GOLDSBY, Kenneth A. Química. 11. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. p. 475-8.

RESUMINDO

- **Forças intermoleculares e a mudança de estado físico das substâncias moleculares**

A temperatura de ebulição dos compostos moleculares está relacionada basicamente a dois fatores:

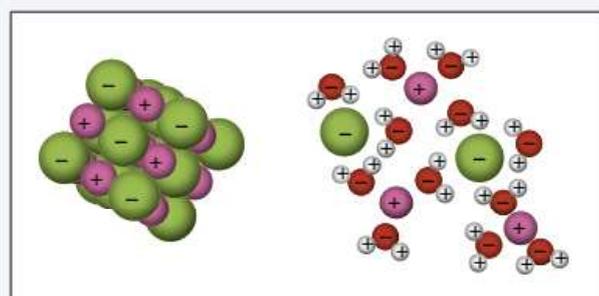
- O tipo de interação intermolecular: quanto mais forte a interação, maior a temperatura de ebulição.
- O tamanho e a massa das moléculas: quanto maior o tamanho/massa da molécula, maior a temperatura de ebulição.

- **Solubilidade dos compostos**

Regra geral: "semelhante dissolve semelhante".

- Substâncias que apresentam a mesma polaridade tendem a se agrupar e/ou interagir entre si.
- Substâncias que apresentam diferentes polaridades não interagem, formando as fases que observamos nas misturas heterogêneas.

- Na dissolução de NaCl em água, as moléculas de água, com sua alta polaridade, conseguem envolver os íons individualmente conforme se soltam do retículo cristalino (sofrem dissociação), por uma interação chamada de **ion-dipolo**. Os cátions são estabilizados pelo lado negativo da água ao passo que os ânions, pelo lado positivo.



Solvatação do NaCl.

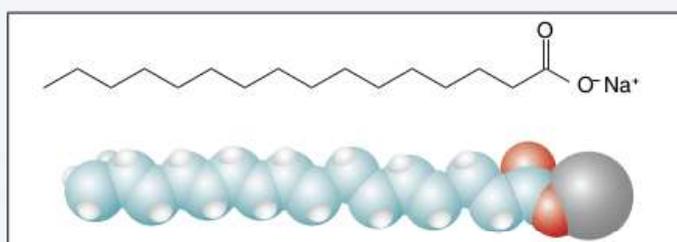
- **Solubilidade dos compostos orgânicos em água**

A solubilidade dos compostos orgânicos em água pode ser prevista de maneira mais clara pelas seguintes regras:

- Hidrocarbonetos (C_xH_y) e haletos orgânicos ($R-X$) são insolúveis.
- Compostos que apresentam **um grupo hidrofílico** (grupo polar capaz de realizar ligação de hidrogênio com a água), por exemplo, uma função oxigenada ou nitrogenada e cadeias carbônicas com:
 - até três carbonos, são solúveis;
 - quatro ou cinco carbonos, são parcialmente solúveis;
 - seis ou mais carbonos, são insolúveis.

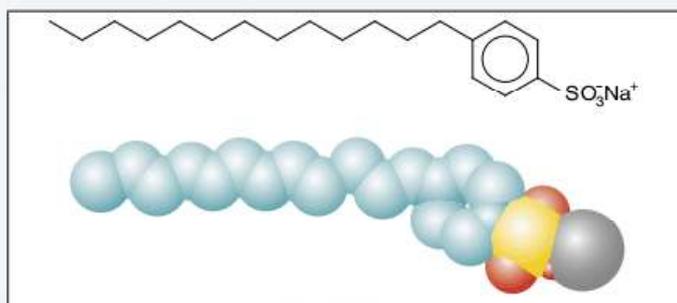
- **Sabões e detergentes**

– Os sabões são sais de sódio e/ou potássio de ácidos carboxílicos de cadeia longa (ácidos graxos).



Palmitato de sódio (sabão comum).

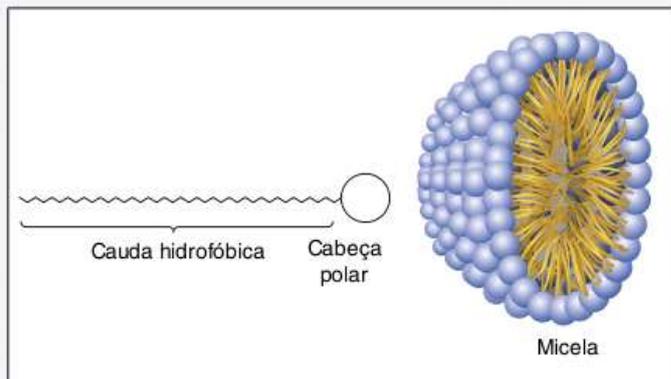
– Os detergentes são sais de sódio de ácido sulfônico de cadeia longa.



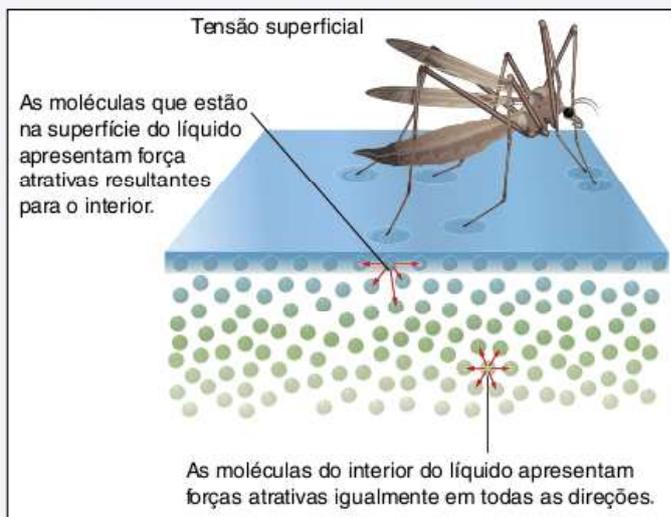
Laurilbenzenosulfonato de sódio (detergente comum).

– A presença de uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica na mesma molécula permite a formação de micelas.

– O processo de formação de micelas é denominado emulsificação. Dizemos que o sabão ou o detergente atuam como emulsificantes ou emulsionantes, ou seja, eles têm a propriedade de fazer com que o óleo ou a gordura se disperse na água, formando uma emulsão.



- **Tensão superficial:** quanto maior for a atração entre moléculas de um líquido, maior será sua tensão superficial. Esse fenômeno ocorre porque as forças de atração que as moléculas da superfície sofrem para baixo não são anuladas, gerando uma película mais coesa na superfície.



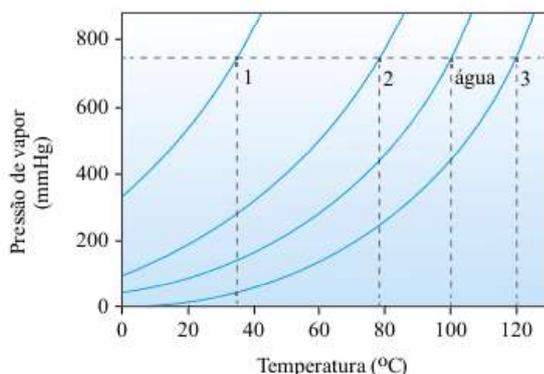
■ QUER SABER MAIS?

SITES

- **Solubilidade das substâncias orgânicas**
<<http://www.scielo.br/pdf/qn/v36n8/v36n8a26.pdf>>
- **Coesão e adesão da água**
<<https://pt.khanacademy.org/science/biology/water-acids-and-bases/cohesion-and-adhesion/a/cohesion-and-adhesion-in-water>>
- **Propriedades dos líquidos**
<<http://cnx.org/contents/WgINhlpX@3/Properties-of-Liquids>>

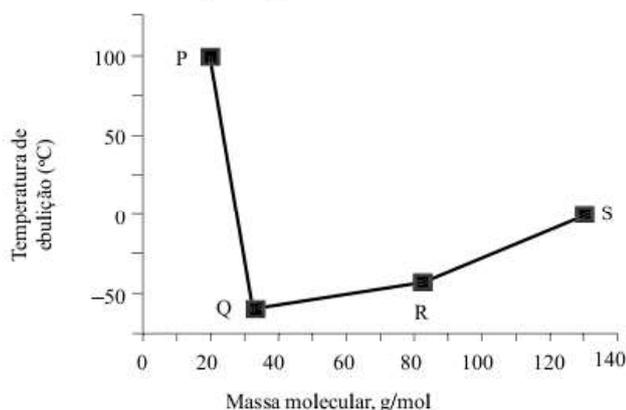
Exercícios complementares

1 UFRJ O gráfico a seguir representa, de forma esquemática, curvas de pressão de vapor em função da temperatura de três líquidos puros – água, etanol, éter dietílico – e de uma solução aquosa de ureia.



Identifique as curvas 1, 2 e 3 representadas no gráfico. Justifique a sua resposta.

2 Unesp O gráfico a seguir foi construído com dados dos hidretos dos elementos do grupo 16. Com base neste gráfico, são feitas as afirmações seguintes.



- I. Os pontos P, Q, R e S no gráfico correspondem aos compostos H_2Te , H_2S , H_2Se e H_2O , respectivamente.
- II. Todos estes hidretos são gases à temperatura ambiente, exceto a água, que é líquida.
- III. Quando a água ferve, as ligações covalentes se rompem antes das intermoleculares.

Das três afirmações apresentadas:

- (a) apenas I é verdadeira.
- (b) apenas I e II são verdadeiras.
- (c) apenas II é verdadeira.
- (d) apenas I e III são verdadeiras.
- (e) apenas III é verdadeira.

3 Unesp Os elementos químicos O, S, Se e Te, todos do grupo 16 da tabela periódica, formam compostos com o hidrogênio, do grupo 1 da tabela periódica, com fórmulas químicas H_2O , H_2S , H_2Se e H_2Te , respectivamente.

As temperaturas de ebulição dos compostos H_2S , H_2Se e H_2Te variam na ordem mostrada na tabela.

A água apresenta temperatura de ebulição muito mais alta que os demais.

Composto	$T_{\text{ebulição}} (^\circ\text{C})$	Massa molar
H_2O	100	18,0
H_2S	-50	34,0
H_2Se	-35	81,0
H_2Te	-20	129,6

Essas observações podem ser explicadas, respectivamente:

- (a) pela diminuição das massas molares e pelo aumento nas forças das interações intramoleculares.
- (b) pela diminuição das massas molares e diminuição nas forças das interações intermoleculares.
- (c) pela diminuição das massas molares e pela formação de ligações de hidrogênio.
- (d) pelo aumento das massas molares e aumento nas forças das interações intramoleculares.
- (e) pelo aumento das massas molares e pela formação de pontes de hidrogênio.

4 CFTMG Os gases CH_4 , NH_3 e H_2S estão em ordem crescente de temperaturas de ebulição em:

- (a) CH_4 , H_2S e NH_3
- (b) H_2S , CH_4 e NH_3
- (c) NH_3 , H_2S e CH_4
- (d) CH_4 , NH_3 e H_2S

5 Unifesp A geometria molecular e a polaridade das moléculas são conceitos importantes para prever o tipo de força de interação entre elas. Dentre os compostos moleculares nitrogênio, dióxido de enxofre, amônia, sulfeto de hidrogênio e água, aqueles que apresentam o menor e o maior ponto de ebulição são, respectivamente:

- (a) SO_2 e H_2S
- (b) N_2 e H_2O
- (c) NH_3 e H_2O
- (d) N_2 e H_2S
- (e) SO_2 e NH_3

6 PUC-PR O ponto de ebulição do etanol é maior que o da acetona, mesmo apresentando menor número de átomos de carbono, devido à presença de _____ entre suas moléculas.

O espaço acima será preenchido com a alternativa:

- (a) interações dipolo-dipolo.
- (b) interações dipolo induzido.
- (c) forças de Van der Waals.
- (d) interações por pontes de hidrogênio.
- (e) ligações eletrovalentes.

7 UFSC Examine as estruturas moleculares do álcool benzílico e do etilbenzeno a seguir representadas.

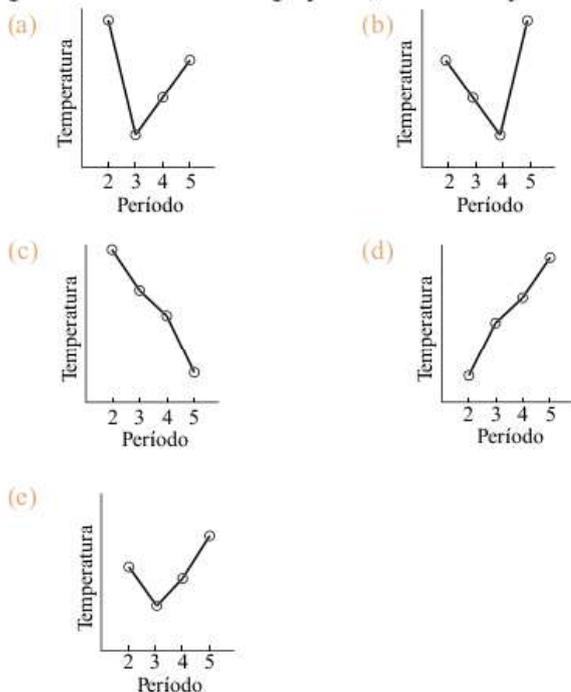


Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 O ponto de ebulição do etilbenzeno deve ser menor que o do álcool benzílico.
 02 O álcool benzílico deve ser menos solúvel em água do que o etilbenzeno, ambos à mesma temperatura.
 04 O álcool benzílico deve ter uma pressão de vapor maior que aquela do etilbenzeno, ambos sob as mesmas condições.
 08 As interações intermoleculares existentes no álcool benzílico são do tipo dipolo permanente-dipolo permanente.
 16 As interações intermoleculares existentes no etilbenzeno são, basicamente, do tipo dipolo induzido-dipolo induzido.

Soma =

8 Unifesp Assinale a alternativa que apresenta o gráfico dos pontos de ebulição dos compostos formados entre o hidrogênio e os elementos do grupo 17, do 2º ao 5º período.



9 UFMG Analise este quadro, em que está apresentada a temperatura de ebulição de quatro substâncias.

Substância	Temperatura de ebulição/°C
CH ₄	-164,0
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	-0,5
CH ₃ OH	64
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	118

Considerando-se os dados desse quadro, é correto afirmar que, à medida que a cadeia carbônica aumenta, tomam-se mais fortes as:

- (a) ligações covalentes.
 (b) interações dipolo instantâneo-dipolo induzido.
 (c) ligações de hidrogênio.
 (d) interações dipolo permanente-dipolo permanente.

10 Faculdade Albert Einstein 2016 As substâncias pentano, butan-1-ol, butanona e ácido propanoico apresentam massas molares semelhantes, mas temperaturas de ebulição bem distintas devido às suas interações intermoleculares.

Assinale a alternativa que relaciona as substâncias com suas respectivas temperaturas de ebulição.

	36 °C	80 °C	118 °C	141 °C
(a)	butanona	butan-1-ol	pentano	ácido propanoico
(b)	pentano	ácido propanoico	butanona	butan-1-ol
(c)	ácido propanoico	butanona	butan-1-ol	pentano
(d)	pentano	butanona	butan-1-ol	ácido propanoico

11 UPF 2016 A seguir, na tabela 1, são fornecidas as temperaturas de ebulição (à pressão atmosférica de 1 atm) dos compostos orgânicos indicados na tabela 2.

Tabela 1 – Temperaturas de ebulição			
A: 78 °C	B: 101 °C	C: -42 °C	D: -0,5 °C

Tabela 2 – Compostos orgânicos (massa molar g·mol ⁻¹)			
CH ₃ CH ₂ OH (46)	CH ₃ CH ₂ CH ₃ (44)	HCOOH (46)	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃ (58)
I	II	III	IV

Correlacione cada composto com a temperatura de ebulição adequada, considerando a influência relativa dos fatores que atuam sobre as propriedades físicas dos compostos orgânicos.

A correspondência correta é:

- (a) I – A; II – C; III – B; IV – D.
 (b) I – C; II – A; III – D; IV – B.
 (c) I – B; II – A; III – C; IV – D.
 (d) I – C; II – D; III – A; IV – B.
 (e) I – A; II – B; III – D; IV – C.

12 Enem 2015 Pesticidas são substâncias utilizadas para promover o controle de pragas. No entanto, após sua aplicação em ambientes abertos, alguns pesticidas organoclorados são arrastados pela água até lagos e rios e, ao passar pelas guelras dos peixes, podem difundir-se para seus tecidos lipídicos e lá se acumularem.

A característica desses compostos, responsável pelo processo descrito no texto, é o(a)

- (a) baixa polaridade.
- (b) baixa massa molecular.
- (c) ocorrência de halogênios.
- (d) tamanho pequeno das moléculas.
- (e) presença de hidroxilas nas cadeias.

13 UFRGS 2015 Na coluna da esquerda, abaixo, estão listadas informações relativas a cinco substâncias diferentes. Na coluna da direita, são apresentadas propriedades relacionadas a essas informações.

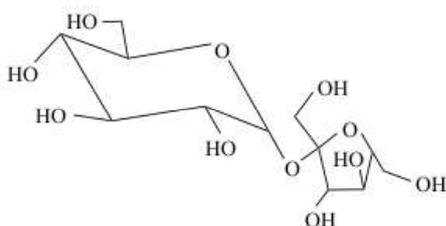
Associe adequadamente a coluna da direita com a da esquerda.

- | | |
|---|--|
| 1. As moléculas da substância 1 são tetraédricas com átomos idênticos ligados ao átomo central. | () A substância é mais volátil que água pura. |
| 2. A substância 2 tem massa molar semelhante à da água e interações intermoleculares do tipo Van der Waals. | () A substância é solúvel em solventes polares. |
| 3. A substância 3 sofre ionização quando dissolvida em água. | () A substância é solúvel em solventes apolares. |
| 4. As moléculas da substância 4 são trigonais planas com átomos de diferentes eletro-negatividades, ligados ao átomo central. | () A substância forma soluções aquosas eletrolíticas. |
| 5. A substância 5 tem massa molar e densidade maior que a da água. | |

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

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

14 UFSCar A sacarose (açúcar comum), cuja estrutura é mostrada na figura, é um dissacarídeo constituído por uma unidade de glicose ligada à frutose.



A solubilidade da sacarose em água deve-se:

- (a) ao rompimento da ligação entre as unidades de glicose e frutose.
- (b) às ligações de hidrogênio resultantes da interação da água com a sacarose.

- (c) às forças de Van der Waals, resultantes da interação da água com a unidade de glicose desmembrada.
- (d) às forças de dipolo-dipolo, resultantes da interação da água com a unidade de frutose desmembrada.
- (e) às forças de natureza íon-dipolo, resultantes da interação do dipolo da água com a sacarose.

15 Acafe 2016 No jornal *Folha de São Paulo*, de 23 de junho de 2015, foi publicada uma reportagem sobre a formação de espuma branca no rio Tietê “[...] a formação de espuma está associada à baixa vazão da água e à presença de esgoto doméstico não tratado. A falta de oxigênio na água dificulta a degradação de detergente doméstico [...]”.

Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos, analise as afirmações a seguir.

- I. O detergente é uma substância anfipática.
- II. O complexo formado entre detergente, óleo e água pode ser chamado de micela.
- III. O oxigênio é uma molécula apolar formada por uma ligação covalente do tipo sigma (σ) e outra do tipo pi (π).
- IV. A espuma branca formada pode ser classificada de coloide.

Assinale a alternativa **correta**.

- (a) Apenas I, II e III estão corretas.
- (b) Apenas II, III e IV estão corretas.
- (c) Todas as afirmações estão corretas.
- (d) Apenas a afirmação IV está correta.

16 Unicamp 2016 O trecho seguinte foi extraído de uma revista de divulgação do conhecimento químico, e trata de alguns aspectos da lavagem a seco de tecidos. “*Tratando-se do desempenho para lavar, o tetracloroetileno é um solvente efetivo para limpeza das roupas, pois evita o encolhimento dos tecidos, já que evapora facilmente, dada sua baixa pressão de vapor (0,017 atm, 20 °C), e dissolve manchas lipofílicas, como óleos, ceras e gorduras em geral...*” A leitura desse trecho sugere **que o tetracloroetileno é um líquido apolar e sua alta volatilidade se deve ao seu baixo valor de pressão de vapor**. Levando em conta o conhecimento químico, pode-se

- (a) concordar parcialmente com a sugestão, pois há argumentos que justificam a polaridade, mas não há argumentos que justifiquem a volatilidade.
- (b) concordar totalmente com a sugestão, pois os argumentos referentes à polaridade e à volatilidade apresentados no trecho justificam ambas.
- (c) concordar parcialmente, pois não há argumentos que justifiquem a polaridade, mas há argumentos que justificam a volatilidade.
- (d) discordar totalmente, pois não há argumentos que justifiquem a polaridade nem a volatilidade.

17 Uerj 2014 O enxofre é um elemento químico que pode formar dois óxidos moleculares: SO_2 e SO_3 . Nomeie a geometria dessas moléculas. Explique, ainda, por que apenas o SO_2 é solúvel em água.

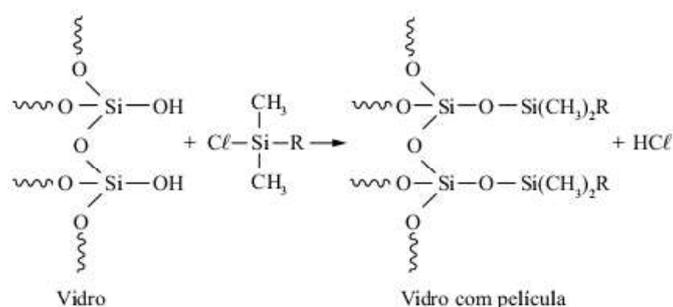
18 Enem 2016 Em sua formulação, o spray de pimenta contém porcentagens variadas de oleoresina de *Capsicum*, cujo princípio ativo é a capsaicina, e um solvente (um álcool como etanol ou isopropanol). Em contato com os olhos, pele ou vias respiratórias, a capsaicina causa um efeito inflamatório que gera uma sensação de dor e ardor, levando à cegueira temporária. O processo é desencadeado pela liberação de neuropeptídios das terminações nervosas.

Como funciona o gás de pimenta.
Disponível em: <http://pessoas.hsw.uol.com.br>
Acesso em: 1 mar. 2012. (Adapt.)

Quando uma pessoa é atingida com o spray de pimenta nos olhos ou na pele, a lavagem da região atingida com água é ineficaz porque a

- reação entre etanol e água libera calor, intensificando o ardor.
- solubilidade do princípio ativo em água é muito baixa, dificultando a sua remoção.
- permeabilidade da água na pele é muito alta, não permitindo a remoção do princípio ativo.
- solubilização do óleo em água causa um maior espalhamento além das áreas atingidas.
- ardência faz evaporar rapidamente a água, não permitindo que haja contato entre o óleo e o solvente.

19 Fuvest 2017 Para aumentar o grau de conforto do motorista e contribuir para a segurança em dias chuvosos, alguns materiais podem ser aplicados no para-brisa do veículo, formando uma película que repele a água. Nesse tratamento, ocorre uma transformação na superfície do vidro, a qual pode ser representada pela seguinte equação química não balanceada:



Das alternativas apresentadas, a que representa o melhor material a ser aplicado ao vidro, de forma a evitar o acúmulo de água, é:

Note e adote:

– R = grupo de átomos ligado ao átomo de silício.

- $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{OH}$
- $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{O(CHOH)CH}_2\text{NH}_2$
- $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{O(CHOH)}_3\text{CH}_3$
- $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$
- $\text{ClSi(CH}_3)_2\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_3$

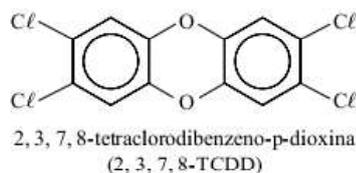
20 Enem 2012 Em uma planície, ocorreu um acidente ambiental em decorrência do derramamento de grande quantidade de um hidrocarboneto que se apresenta na forma pastosa à temperatura ambiente. Um químico ambiental utilizou uma quantidade apropriada de uma solução de

para-dodecil-benzenossulfonato de sódio, um agente tensoativo sintético, para diminuir os impactos desse acidente.

Essa intervenção produz resultados positivos para o ambiente porque

- promove uma reação de substituição no hidrocarboneto, tornando-o menos letal ao ambiente.
- a hidrólise do para-dodecil-benzenossulfonato de sódio produz energia térmica suficiente para vaporizar o hidrocarboneto.
- a mistura desses reagentes provoca a combustão do hidrocarboneto, o que diminui a quantidade dessa substância na natureza.
- a solução de para-dodecil-benzenossulfonato possibilita a solubilização do hidrocarboneto.
- o reagente adicionado provoca uma solidificação do hidrocarboneto, o que facilita sua retirada do ambiente.

21 Enem Vários materiais, quando queimados, podem levar à formação de dioxinas, um composto do grupo dos organoclorados. Mesmo quando a queima ocorre em incineradores, há liberação de substâncias derivadas da dioxina no meio ambiente. Tais compostos são produzidos em baixas concentrações, como resíduos da queima de matéria orgânica em presença de produtos que contenham cloro. Como consequência de seu amplo espalhamento no meio ambiente, bem como de suas propriedades estruturais, as dioxinas sofrem magnificação trófica na cadeia alimentar. Mais de 90% da exposição humana às dioxinas é atribuída aos alimentos contaminados ingeridos. A estrutura típica de uma dioxina está apresentada a seguir:



A molécula do 2,3,7,8-TCDD é popularmente conhecida pelo nome "dioxina", sendo a mais tóxica das 75 isômeros de compostos clorados de dibenzo-p-dioxina existentes.

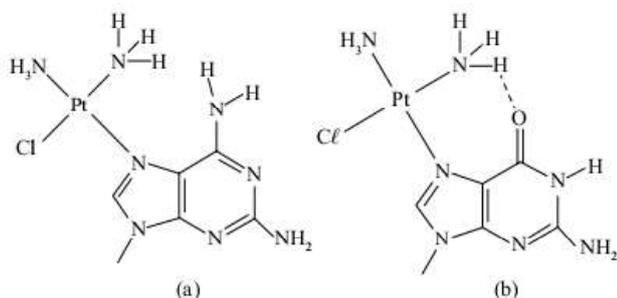
FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. Lixo: desafios e compromissos. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 1, maio 2001. (Adapt.)

Com base no texto e na estrutura apresentada, as propriedades químicas das dioxinas que permitem sua bioacumulação nos organismos estão relacionadas ao seu caráter

- básico, pois a eliminação de materiais alcalinos é mais lenta do que a dos ácidos.
- ácido, pois a eliminação de materiais ácidos é mais lenta do que a dos alcalinos.
- redutor, pois a eliminação de materiais redutores é mais lenta do que a dos oxidantes.
- lipofílico, pois a eliminação de materiais lipossolúveis é mais lenta do que a dos hidrossolúveis.
- hidrofílico, pois a eliminação de materiais hidrossolúveis é mais lenta do que a dos lipossolúveis.

22 Unifesp 2016 A descoberta das propriedades antitumorais do cisplatina, fórmula molecular $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$, constituiu um marco na história da Química Medicinal. Esse composto é usado em vários tipos de neoplasias, como câncer de próstata, pulmão, cabeça, esôfago, estômago, linfomas, entre outros.

O cisplatina sofre hidrólise ao penetrar na célula, e seu alvo principal é o DNA celular. A ligação deste fármaco ao DNA ocorre preferencialmente através de um dos átomos de nitrogênio das bases nitrogenadas adenina ou guanina.



Interações da platina com as bases adenina (a) e guanina (b)

No Brasil, um dos nomes comerciais do fármaco cisplatina é Platinil®. Usualmente, os frascos deste medicamento acondicionam solução injetável, contendo 50 mg de cisplatina. Uma determinada indústria farmacêutica utilizou 0,050 mol de cisplatina na produção de um lote de frascos do medicamento Platinil® do tipo descrito.

Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br>>. (Adapt.)

- A interação da platina é mais estável com qual base nitrogenada? Justifique sua resposta.
- Determine o número de frascos de Platinil® contidos no lote produzido por aquela indústria farmacêutica, supondo 100% de eficiência no processo. Apresente os cálculos efetuados.

23 UFPR 2015 A temperatura de ebulição de uma determinada substância está intimamente relacionada à sua massa molar e às forças intermoleculares predominantes nessa substância. Por exemplo, a acetona (propanona) e o isopropanol (propan-2-ol) são líquidos à temperatura ambiente e diferem em massa em apenas 2 unidades de massa atômica. Porém, as temperaturas de ebulição dessas substâncias são bastante diferentes: da propanona é 56 °C e do isopropanol é 82 °C.

- Qual é a força intermolecular predominante que atua na acetona? E no isopropanol?
- Baseando-se nas forças intermoleculares predominantes, explique por que a temperatura de ebulição do isopropanol é maior do que a da acetona.

24 UFU 2015 O experimento abaixo foi descrito no periódico *Química Nova na Escola*, n. 23, de maio 2006:

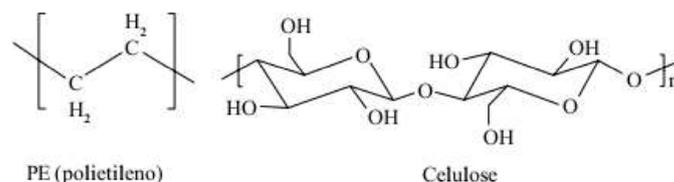
Materiais

- Pedacos de papel não encerado (guardanapo, folha de caderno etc.)
- Pedacos de papel encerado (as ceras utilizadas são formadas por hidrocarbonetos)
- Pedacos de saco plástico (formados por polietileno)

Procedimento

- Coloque os diferentes pedacos de papel e de saco plástico lado a lado;
- Pingue algumas gotas de água sobre cada um deles e espere alguns minutos;
- Observe a absorção da água nos materiais.

Considere as estruturas abaixo:



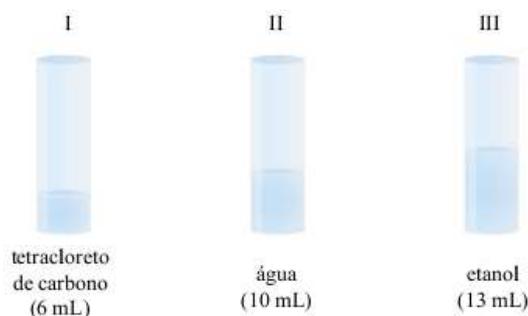
Faça o que se pede:

- Indique qual(is) material(is) absorveu(ram) água.
- Explique, utilizando as estruturas moleculares e as informações acima, o motivo da diferença de absorção da água nos três casos.

25 UFRJ A solubilidade dos compostos é um conhecimento muito importante em química.

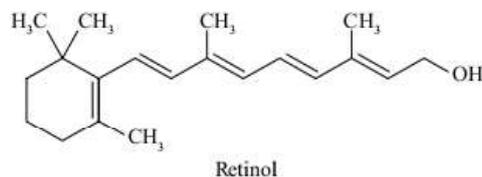
Sabe-se que, de uma forma geral, substâncias polares dissolvem substâncias polares e substâncias apolares dissolvem substâncias apolares.

Em um laboratório, massas iguais de tetracloreto de carbono, água e etanol foram colocadas em três recipientes idênticos, conforme se vê na figura a seguir.



- Mostre, por meio de desenhos semelhantes ao apresentado, como fica a mistura de I e II, identificando cada substância, e como fica a mistura de II e III.
- A graxa lubrificante utilizada em automóveis é uma mistura de hidrocarbonetos pesados derivados de petróleo com aditivos diversos. Indique qual, dentre os três solventes apresentados, é o mais adequado para remover uma mancha de graxa em uma camisa. Justifique sua resposta.

26 Unesp 2016 Analise as fórmulas que representam as estruturas do retinol (vitamina A), lipossolúvel, e do ácido pantotênico (vitamina B5), hidrossolúvel.



Com base na análise das fórmulas, identifique as funções orgânicas presentes em cada vitamina e justifique por que a vitamina B5 é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel. Qual dessas vitaminas apresenta isomeria óptica? Justifique sua resposta.

Texto para a questão 27:

Do lixo ao câncer

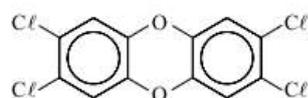
O vertiginoso crescimento populacional humano associado à industrialização e ao aumento do consumo resultou em um problema de proporções gigantescas: o lixo. No Brasil, entre 2003 e 2014, a geração de lixo cresceu 29%, taxa maior que aquela apresentada pelo próprio crescimento populacional no período, que foi de 6%. Nesse cenário, o grande desafio, sem dúvida, é o descarte adequado dos resíduos. Dentre as opções existentes, uma das mais controversas é a incineração de resíduos de serviços de saúde, de lixo urbano e de resíduos industriais.



Muitos especialistas condenam a prática da incineração do lixo principalmente pelo fato de que a combustão de certos resíduos gera dioxinas. Pesquisas têm demonstrado que essas substâncias são cancerígenas em diversos pontos do organismo, em ambos os sexos e em diversas espécies. Por serem lipofílicas, as dioxinas se bioacumulam nas cadeias alimentares. Desse modo, além de se contaminarem diretamente ao inalarem emissões atmosféricas, as pessoas também podem sofrer contaminação indireta por via alimentar. Ao que tudo indica, a incineração do lixo, apesar de reduzir o problema do acúmulo de resíduos, acarreta problemas de saúde para a população.



27 Faculdade Albert Einstein 2016 Entre as dioxinas, a que tem mostrado a maior toxicidade e, por isso mesmo, é a mais famosa, é a 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-para-dioxina (TCDD). Essa substância, cuja estrutura está representada a seguir, apresenta uma dose letal de $1,0\mu\text{g}/\text{kg}$ de massa corpórea, quando ministrada por via oral, em cobaias.



A respeito do TCDD, responda aos seguintes itens:

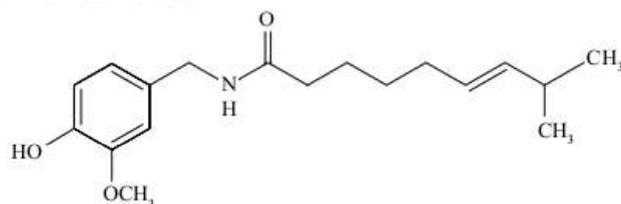
- Classifique a molécula de TCDD quanto à polaridade. Com base nessa classificação e nas interações intermoleculares, explique o caráter lipofílico dessa substância.
- Determine a fórmula molecular e a massa molar do TCDD. Calcule a quantidade de matéria de TCDD, em mol, considerada letal para uma cobaia que apresenta 966 g de massa.

Dados: Massa molar ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$): $\text{H} = 1,0$;

$\text{C} = 12,0$; $\text{O} = 16,0$; $\text{Cl} = 35,5$;

$1\mu\text{g} = 10^{-6}\text{g}$

28 Unicamp 2016 Já faz parte do folclore brasileiro alguém pedir um “prato quente” na Bahia e se dar mal. Se você come algo muito picante, sensação provocada pela presença da capsaicina (fórmula estrutural mostrada a seguir) no alimento, logo toma algum líquido para diminuir essa sensação. No entanto, nem sempre isso adianta, pois logo em seguida você passa a sentir o mesmo ardor.



- Existem dois tipos de pimenta em conserva, um em que se usa vinagre e sal, e outro em que se utiliza óleo comestível. Comparando-se os dois tipos, observa-se que o óleo comestível se torna muito mais picante que o vinagre. Em vista disso, o que seria mais eficiente para eliminar o ardor na boca provocado pela ingestão de pimenta: vinagre ou óleo? Justifique sua escolha baseando-se apenas nas informações dadas.
- Durante uma refeição, a ingestão de determinados líquidos nem sempre é palatável; assim, se o “prato quente” também estiver muito salgado, a ingestão de leite faz desaparecer imediatamente as duas sensações. Baseando-se nas interações

químicas entre os componentes do leite e os condimentos, explique por que ambas as sensações desaparecem após a ingestão do leite. Lembre-se que o leite é uma suspensão constituída de água, sais minerais, proteínas, gorduras e açúcares.

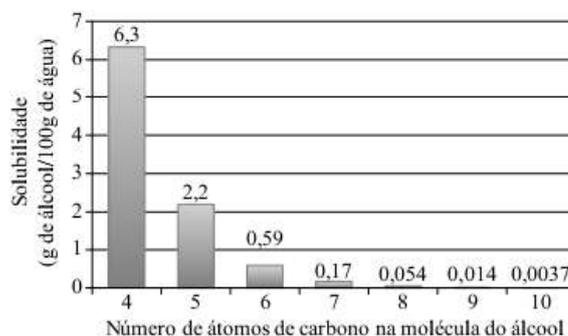
29 Unicamp 2014 Na tirinha abaixo, o autor explora a questão do uso apropriado da linguagem na Ciência. Muitas vezes, palavras de uso comum são utilizadas na Ciência, e isso pode ter várias consequências.



Disponível em: <www.reddit.com/r/funny/comments/1ln5uc/bear-troubles>. Acesso em 10 set. 2013. (Adapt.)

- De acordo com o urso cinza, o urso branco usa o termo “dissolvendo” de forma cientificamente inadequada. Imagine que o urso cinza tivesse respondido: **“Eu é que deveria estar aflito, pois o gelo é que está dissolvendo!”** Nesse caso, estaria o urso cinza usando o termo “dissolvendo” de forma cientificamente correta? Justifique.
- Considerando a última fala do urso branco, interprete o duplo significado da palavra “polar” e suas implicações para o efeito cômico da tirinha.

30 Fuvest 2014 O gráfico abaixo apresenta a solubilidade em água, a 25 °C, de álcoois primários de cadeia linear, contendo apenas um grupo –OH no extremo da cadeia não ramificada. Metanol, etanol e 1-propanol são solúveis em água em quaisquer proporções.



- Analise o gráfico e explique a tendência observada.

Um químico recebeu 50 mL de uma solução de 1-dodecanol ($C_{12}H_{25}OH$) em etanol. A essa solução, adicionou 450 mL de água, agitou a mistura e a deixou em repouso por alguns minutos. Esse experimento foi realizado a 15 °C.

- Descreva o que o químico observou ao final da sequência de operações do experimento.

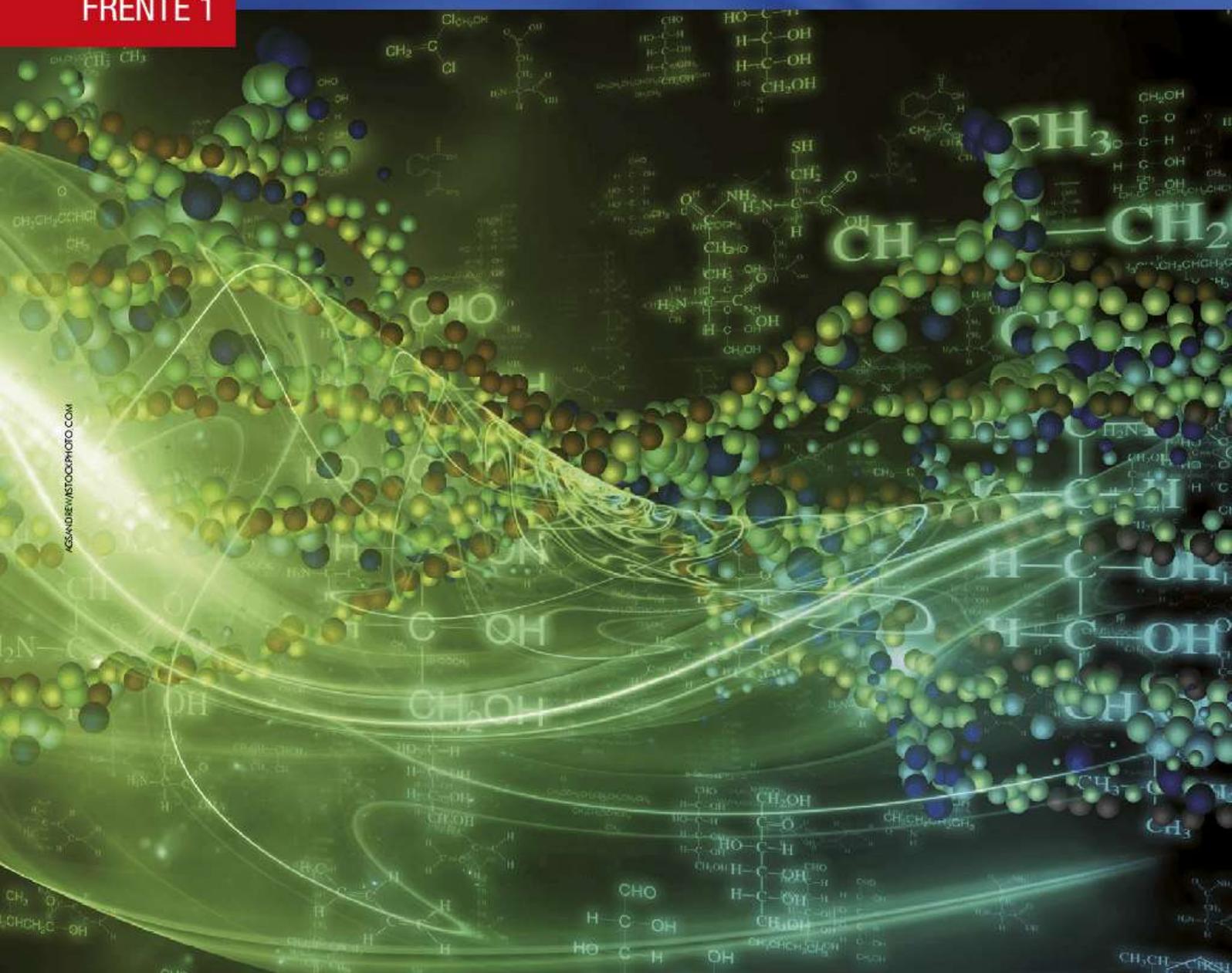
Dados:

- 1-dodecanol é insolúvel em soluções diluídas de etanol em água ($\leq 10\%$ em volume).
- ponto de fusão do 1-dodecanol = 24 °C.
- a densidade do 1-dodecanol é menor do que a de soluções diluídas de etanol em água.

5

FRENTE 1

Introdução à química orgânica



Compostos orgânicos desempenham um papel tão importante em nossa vida cotidiana que faz sentido para nós entendê-los. Nosso corpo contém cerca de 18% de carbono em termos de massa, que é distribuído em vários compostos orgânicos. Exemplos incluem o DNA, que contém nossa informação genética, proteínas, que catalisam todas as reações em nosso corpo, e açúcares, que são oxidados na respiração para fornecer energia. A presença desses e de muitos outros compostos é vital para nossa existência.

BURROWS, Andrew et al. *Química: introdução à química inorgânica, orgânica e físico-química*. Trad. Edilson Clemente da Silva et al. Rio de Janeiro: LTC, 2012. p. 4.

Histórico

Na história da humanidade, há diversos relatos sobre a utilização dos compostos orgânicos, antes mesmo de sua classificação e sistematização, que aconteceu no século XVIII. Em pesquisas arqueológicas no Egito, por exemplo, foram encontrados jarros de vinho, nas tumbas de faraós, que datam de 3150 a.C. e papiros de cerca de 1500 a. C. que descrevem combinações de ervas utilizadas para fins medicinais. O álcool e outras substâncias, como polifenóis, presentes nos vinhos, são atualmente classificados como substâncias orgânicas, assim como o papiro e diversas outras presentes em plantas.

© GABRIELA FOJT | DREAMSTIME.COM



O papiro (*Cyperus papyrus*) é uma planta que pode chegar a 1,2 m a 2,5 m de altura, nasce nas margens do Rio Nilo, e a celulose presente na parte interna de seus talos era utilizada na fabricação de papiro pelos egípcios.

Já na América do Sul, existem cerâmicas da era maia, aproximadamente do século XV, que eram coloridas com corante índigo. Também há relatos de seu uso por egípcios e romanos para tingir roupas. Atualmente esse corante é sintetizado e utilizado para dar cor ao *jeans*, porém sua origem é de plantas do gênero *Indigofera*, que é abundante em regiões quentes, como América do Sul e Egito.

YOGESH MOHANTOCKPHOTO.COM



A planta *Indigofera tinctoria* é uma das espécies utilizadas para a obtenção do corante azul.

Apesar da grande utilização de compostos orgânicos até então, a tecnologia da época não possibilitava o estudo de sua composição e de sua estrutura, por isso suas propriedades não eram bem conhecidas.

É possível notar que os compostos orgânicos apresentados até aqui são todos de origem vegetal. Há também outros compostos de origem animal, como o almíscar, que é utilizado na indústria da perfumaria e originalmente era obtido de uma glândula do cervo. Diante disso, o químico francês Lavoisier (1743-1794) relatou que esses compostos eram diferentes daqueles do reino mineral, pois eram constituídos principalmente de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

Em 1777, o físico e matemático sueco Torbern Olof Bergman (1735-1784) sugeriu uma divisão da Química em:

- Química orgânica: estuda os compostos extraídos dos seres vivos (animais e vegetais).
- Química inorgânica: estuda os compostos extraídos dos minerais.

Essa ideia permaneceu por muitas décadas, e vários químicos acreditavam que a origem dos compostos orgânicos e inorgânicos era responsável pela diferença entre eles, ou seja, os compostos classificados como orgânicos apenas poderiam ser sintetizados por seres vivos, pois eram os únicos que possuíam a força vital para possibilitar sua síntese.

Essa teoria foi chamada de **Teoria da força vital** ou **Vitalismo**. Ela foi formulada por Jöns Jacob Berzelius em 1807 e afirmava que os compostos orgânicos eram obtidos pela intermediação de uma força que existia apenas em seres vivos, como plantas e animais. Tais compostos poderiam ser extraídos e transformados em outros, orgânicos ou inorgânicos, mas era impossível obtê-los a partir de elementos do reino mineral, pois estes não possuíam a força vital.

A teoria do vitalismo começou a perder adeptos quando, em 1828, o médico e químico Friedrich Wöhler (1800-1882) sintetizou a ureia (substância obtida da urina de alguns animais, como cães) a partir do cianato de amônio, reação que ficou conhecida como **Síntese de Wöhler** (Fig. 1).

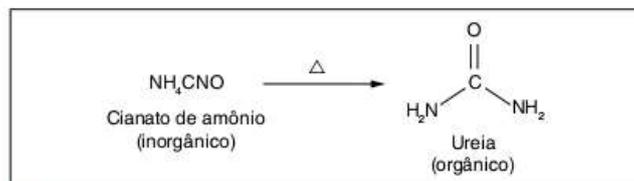


Fig. 1 Síntese de Wöhler.

A intenção de Wöhler era obter cianato de amônio a partir do tratamento de cianato de chumbo com hidróxido de amônio. Porém, nesse processo, surgiu um material sólido diferente do que era esperado para o cianato de amônio. Ao analisar o ocorrido, descobriu que havia obtido ureia, idêntica àquela anteriormente isolada da urina. Na realidade, a reação do cianato de chumbo com o hidróxido de amônio, de fato, forma o cianato de amônio, porém, ao aquecer a síntese, o cianeto de amônio forma a ureia.

Logo depois dessa evidência, muitos cientistas ainda acreditavam na teoria da força vital, porém, à medida que novos compostos orgânicos eram sintetizados e caracterizados, essa

teoria foi perdendo força. Com isso, a definição proposta por Bergman deixa de ser adequada e, então, o químico alemão **Kekulé**, em 1858, propõe a definição da Química Orgânica **como o ramo da Química que estuda os compostos de carbono**. Essa afirmação está correta, contudo, nem todo composto que contém carbono é orgânico. Por exemplo, o dióxido de carbono (CO₂), o carbonato de sódio (Na₂CO₃), o ácido carbônico (H₂CO₃), o cianeto de hidrogênio (HCN), entre outros, não são compostos orgânicos. Entretanto, todo composto orgânico contém carbono.

Por conveniência, o termo “orgânica” se mantém até hoje, buscando classificar um grande número de compostos que possuem uma série de propriedades em comum. Diferente dos outros elementos, o átomo de carbono tem a capacidade de se ligar entre si formando cadeias em um número ilimitado de combinações, gerando, com essas ligações, milhares de compostos diferentes.

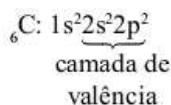
ATENÇÃO!

Deve-se enfatizar, contudo, que as divisões da Química nunca foram, nem se espera que venham a ser, mutuamente exclusivas, pois o campo da Química é um só, e há uma tendência natural para a unificação e a remoção de barreiras artificiais. A divisão em Química Orgânica, Inorgânica, Analítica, Físico-química e Bioquímica se faz buscando uma finalidade didática e em função do enfoque que se deseja dar a determinado problema.

Características do carbono

O elemento químico carbono tem características especiais que são responsáveis pela variedade gigantesca de compostos orgânicos diferentes.

O número atômico do carbono é seis, portanto, ele tem seis elétrons na eletrosfera quando neutro. Esses elétrons se distribuem da seguinte forma:



- Em compostos orgânicos, o carbono é tetravalente, ou seja, realiza quatro ligações covalentes para completar o octeto em sua última camada. A tetravalência do carbono foi reconhecida por Kekulé em 1858 e é o chamado **primeiro postulado de Kekulé**.
- As quatro ligações simples (do tipo sigma – σ) do carbono são equivalentes. Observe o exemplo do CH₂Cl₂ na Fig. 2. Podemos representar sua fórmula estrutural espacial de várias maneiras, pois todas as ligações simples são iguais.

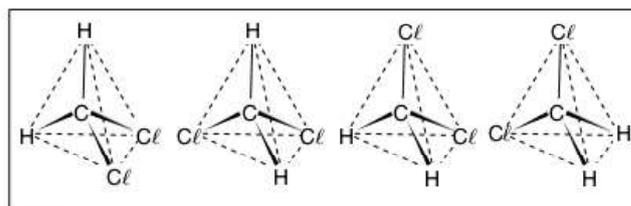


Fig. 2 Fórmula estrutural espacial do CH₂Cl₂.

A igualdade entre as quatro valências do carbono é conhecida como **segundo postulado de Kekulé**.

- Além de ligações simples, o carbono também pode realizar ligações duplas ou triplas. A Tab. 1 apresenta essas possibilidades de ligações, bem como a hibridação e a geometria adquirida pelo carbono em cada caso.

Hibridação	Ligações	Ângulo entre ligações	Geometria
sp ³		109°28'	Tetraédrica
sp ²		120°	Trigonal plana
sp		180°	Linear

Tab. 1 Tipos de carbono.

- O carbono pode se ligar a diversos elementos. Existe carbono ligado a praticamente qualquer elemento da tabela periódica. Apesar dessa variedade, os elementos mais frequentemente encontrados em compostos orgânicos são o hidrogênio (presente em quase todos os compostos orgânicos), o oxigênio e o nitrogênio, além do enxofre, do fósforo e de halogênios, como cloro, bromo, iodo e eventualmente o flúor. Por esse motivo, o carbono, o hidrogênio, o oxigênio e o nitrogênio (C, H, N e O) costumam ser chamados de **elementos organógenos**, que significam elementos formadores de compostos orgânicos.

A Tab. 2 ilustra o número de ligações e a geometria respectiva de cada um desses elementos organógenos.

Elemento	Ligações	Ângulo entre ligações	Geometria
Hidrogênio	H —	—	—
Oxigênio		-105°	Angular
	O =	—	—
Nitrogênio		-107°	Piramidal
		-120°	Angular
	N ≡	—	—

Tab. 2 Elementos organógenos (exceto carbono).

- O carbono pode formar cadeias.

Esse fato, conhecido como **terceiro postulado de Kekulé**, é a propriedade mais importante do carbono. Nenhum outro elemento químico forma cadeias tão longas, tão variadas e estáveis como o carbono. Essa propriedade é, sem dúvida, a principal responsável pela existência de milhões de compostos orgânicos.

A Fig. 3 ilustra algumas dessas cadeias.

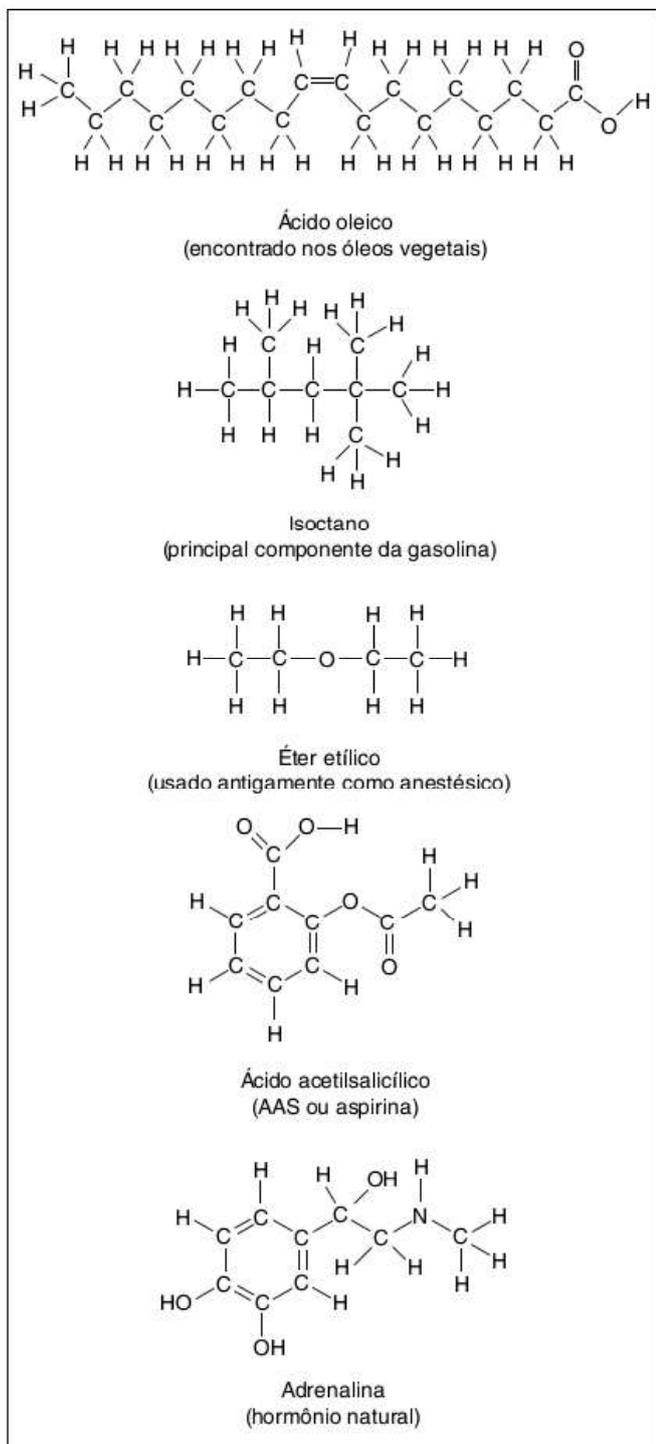


Fig. 3 Propriedade de encadeamento do carbono.

Fórmulas estruturais em Química Orgânica

Muitas vezes, a representação da fórmula estrutural de um composto orgânico pode se tornar lenta e trabalhosa. Para facilitar a representação de um composto orgânico, foi criada a fórmula estrutural chamada **condensada** ou **simplificada**, em que as ligações entre hidrogênio e carbono não são representadas, e a quantidade de hidrogênios ligados a cada carbono é indicada por índices. Como o hidrogênio sempre faz uma ligação simples, fica subentendido que cada um deles está fazendo uma ligação simples com o átomo ao seu lado. Dessa forma, as representações tornam-se visualmente menos poluídas e mais simples. Observe o exemplo na Fig. 4.

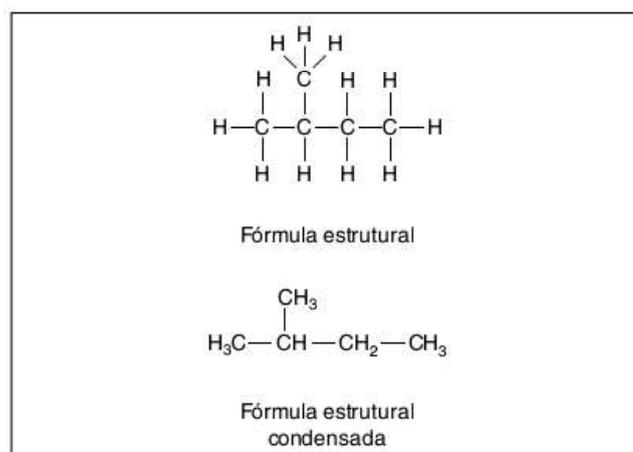


Fig. 4 Fórmula estrutural e fórmula estrutural condensada do metilbutano.

Outra maneira simplificada de representar um composto orgânico é a representação por meio de **linhas** ou **bastão**. Nelas, fica subentendido que cada vértice indica um carbono e cada traço uma ligação. As ligações que faltarem para o carbono completar suas quatro ligações são feitas com hidrogênio, que não é representado. Observe, na Fig. 5, como fica a fórmula estrutural em linhas ou bastão do metilbutano.

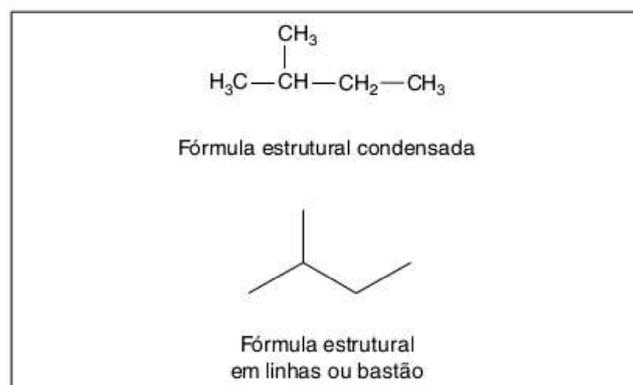
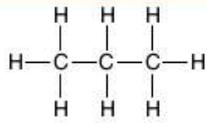
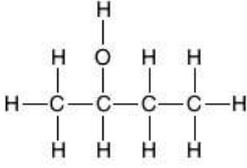
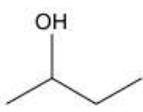
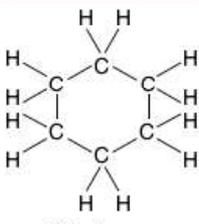
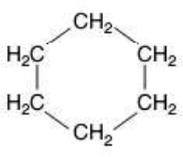
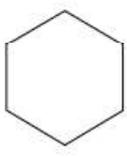
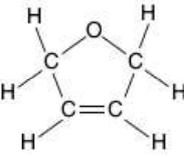
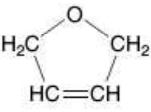
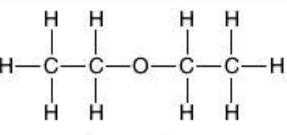
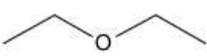
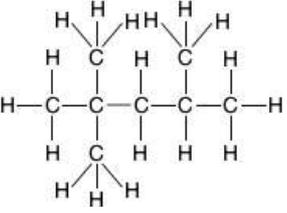
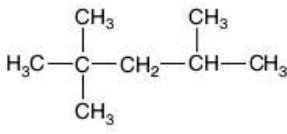
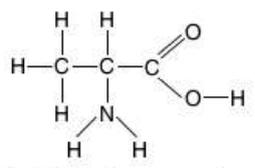
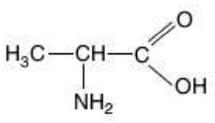
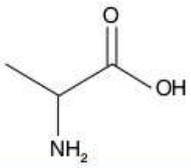


Fig. 5 Fórmula estrutural condensada e fórmula em linhas ou bastão do metilbutano.

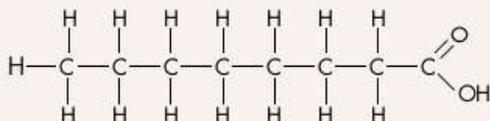
Caso a molécula apresente qualquer outro átomo diferente de carbono e hidrogênio, ele deverá ser representado pelo seu símbolo. A Tab. 3 ilustra vários exemplos de compostos orgânicos e suas diferentes representações:

Fórmula estrutural	Fórmula estrutural condensada	Fórmula estrutural em linhas ou bastão
 <p>Propano</p>	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
 <p>Butan-2-ol</p>	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
 <p>Ciclo-hexano</p>		
 <p>Furano</p>		
 <p>Éter dietílico</p>	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
 <p>2,2,4-trimetilpentano</p>		
 <p>Ácido 2-aminopropanoico</p>		

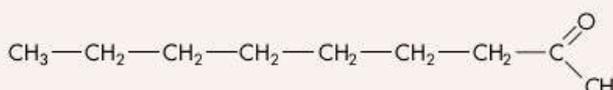
Tab. 3 Representações de compostos orgânicos.

SAIBA MAIS

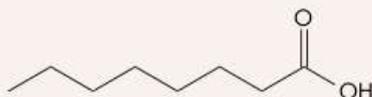
Em alguns casos, a condensação pode ser maior ainda. Porém, é importante que, na representação gráfica de um composto orgânico, a informação sobre a estrutura não seja perdida. Observe as diferentes representações para o ácido caprílico:



Fórmula estrutural do ácido caprílico.



Fórmula estrutural condensada do ácido caprílico.



Fórmula estrutural condensada ou bastão do ácido caprílico.

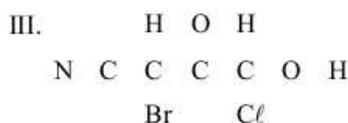
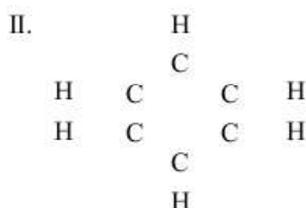


Fórmulas estruturais alternativas do ácido caprílico.

Outra fórmula que eventualmente pode aparecer é a fórmula funcional. Nessa representação, temos a informação da função a que pertence o composto; no entanto, não temos informação sobre a estrutura da cadeia. O ácido caprílico, por exemplo, teria como fórmula funcional $\text{C}_8\text{H}_{15}\text{COOH}$. Uma fórmula funcional não é considerada estrutural, pois não contém informação suficiente sobre a estrutura.

Exercício resolvido

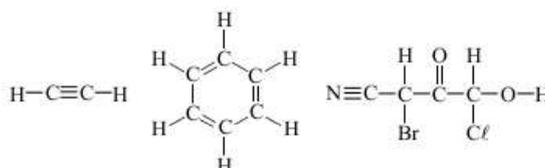
1 Complete as ligações simples, duplas e triplas que estão faltando nas seguintes estruturas:



No total, teremos:

- 17 ligações simples, 4 duplas e 3 triplas.
- 19 ligações simples, 3 duplas e 3 triplas.
- 20 ligações simples, 4 duplas e 2 triplas.
- 18 ligações simples, 5 duplas e 2 triplas.
- 22 ligações simples, 3 duplas e 2 triplas.

Resolução:



Alternativa: C.

Classificação do carbono

Para classificar um carbono, devemos observar a quantos outros átomos de carbono ele está ligado em uma cadeia carbônica. Ele pode ser classificado em:

- Carbono primário: ligado apenas a um átomo de carbono.
- Carbono secundário: ligado a dois átomos de carbono.
- Carbono terciário: ligado a três átomos de carbono.
- Carbono quaternário: ligado a quatro átomos de carbono.

Observe o exemplo na Fig. 6:

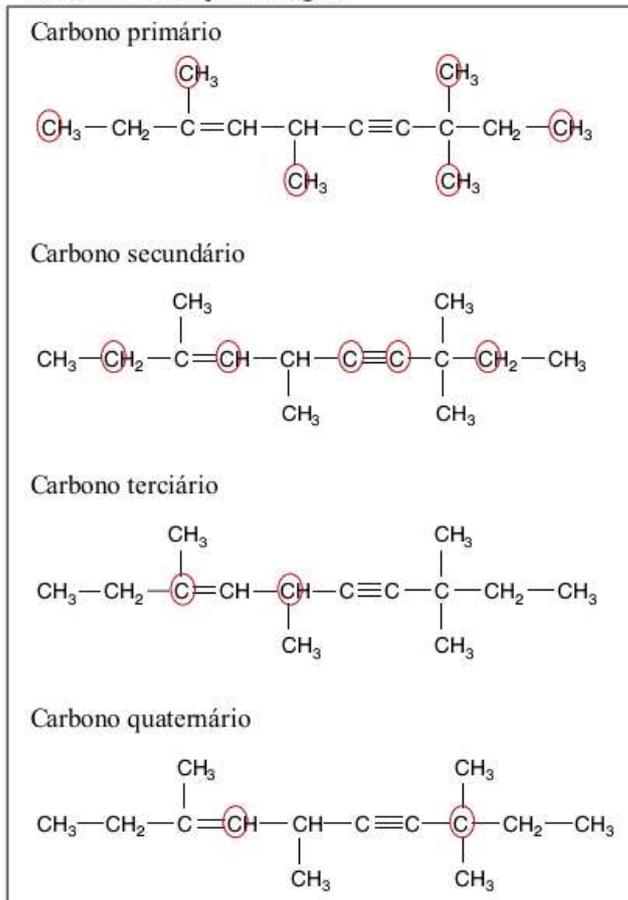
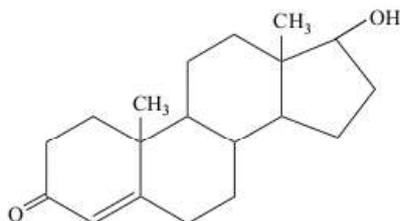


Fig. 6 Classificação dos carbonos.

Exercício resolvido

2 A testosterona, um dos principais hormônios sexuais masculinos, possui fórmula estrutural plana:

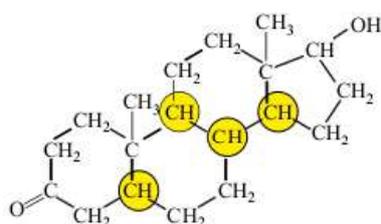


Determine:

- o número de átomos de carbono, classificados como terciários, de sua molécula;
- sua fórmula molecular.

Resolução:

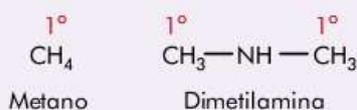
- 4 carbonos terciários
- $C_{19}H_{28}O_2$



= carbono terciário

ATENÇÃO!

Em certos compostos, o átomo de carbono pode não estar ligado a nenhum outro átomo de carbono. Nesses casos, por convenção, ele será classificado como primário.



Classificação das cadeias carbônicas

Para que possamos descrever a maneira como os átomos estão unidos nas cadeias carbônicas, elas também são classificadas.

Classificação quanto à forma

O primeiro critério da classificação de uma cadeia carbônica é em relação à sua forma. Nesse critério, devemos avaliar se a cadeia é aberta (acíclica), fechada (cíclica) ou mista.

Cadeias abertas ou acíclicas

São cadeias que têm pelo menos duas extremidades livres e não formam nenhum ciclo ou anel (Fig. 7 e Fig. 8).

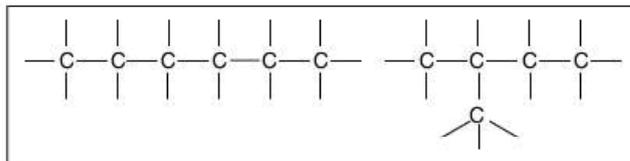


Fig. 7 Cadeias abertas.

Alguns exemplos:

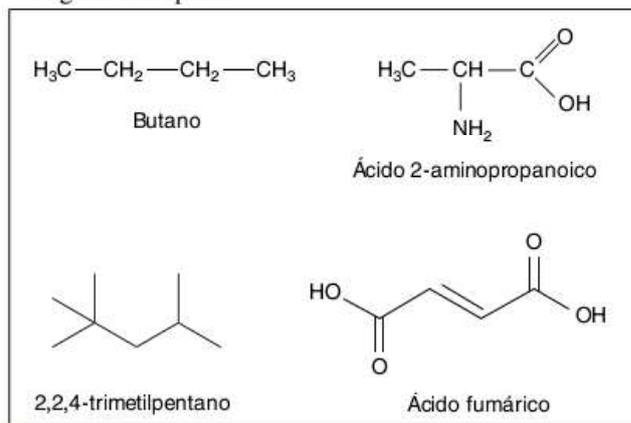


Fig. 8 Compostos orgânicos de cadeia aberta.

Cadeias fechadas ou cíclicas

Aquelas em que os átomos se unem formando um ou mais ciclos e que não têm extremidades livres (Fig. 9 e Fig. 10).

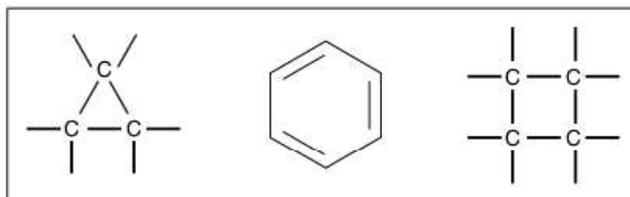


Fig. 9 Cadeias fechadas.

Alguns exemplos:

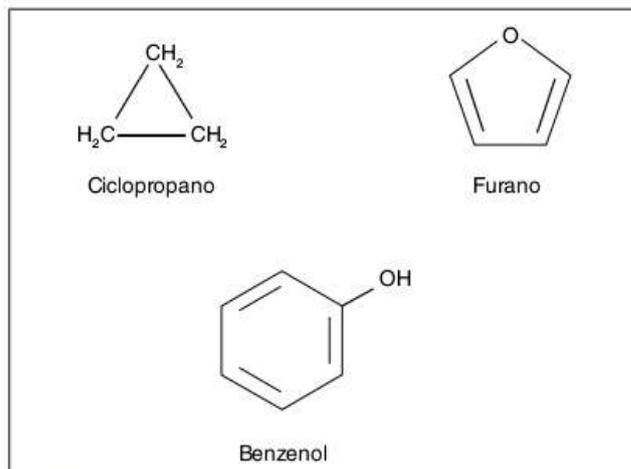


Fig. 10 Compostos orgânicos de cadeia fechada.

As cadeias fechadas também são classificadas quanto à sua quantidade de ciclos.

- Mononucleares: cadeias que apresentam apenas um ciclo (Fig. 11).

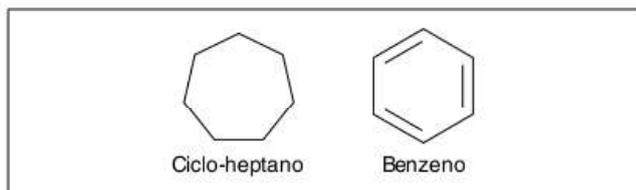


Fig. 11 Cadeias mononucleares.

- Polinucleares: cadeias que apresentam dois ou mais ciclos (Fig. 12).

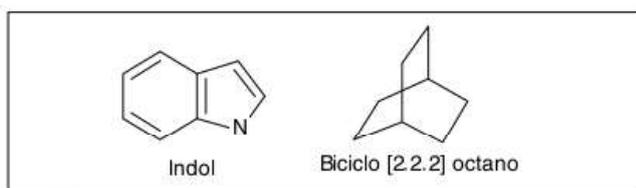


Fig. 12 Cadeias polinucleares.

As cadeias polinucleares são ainda classificadas em relação à organização de seus ciclos.

- Núcleos isolados: quando os ciclos não apresentam carbonos em comum (Fig. 13).

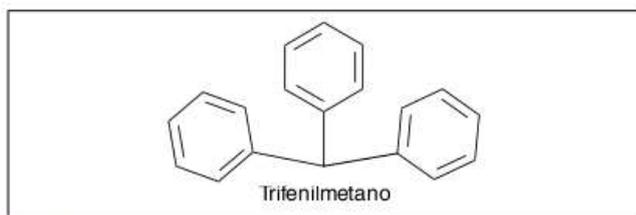


Fig. 13 Cadeia polinuclear com núcleos isolados.

- Núcleos condensados: quando os ciclos apresentam pelo menos dois carbonos comuns (Fig. 14).

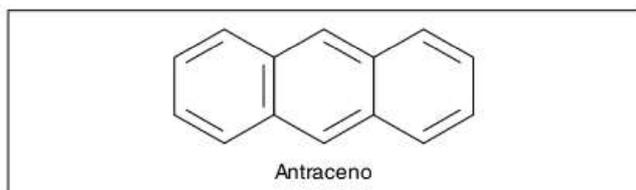


Fig. 14 Cadeia polinuclear com núcleos condensados.

• **Cadeia mista**

Essa classificação é utilizada quando a cadeia a ser classificada apresenta dois critérios conflitantes. Por exemplo:

- Cadeias que apresentam uma parte fechada e uma parte aberta, ou seja, pelo menos um ciclo e uma extremidade livre formada por um carbono fora desse ciclo (Fig. 15).

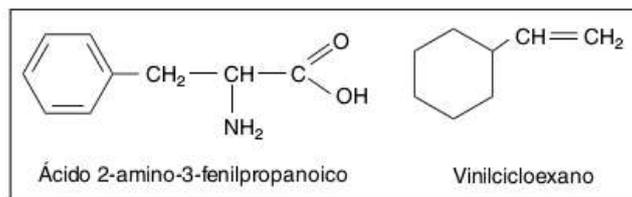


Fig. 15 Cadeia mista (aberta e fechada).

- Cadeias polinucleares que apresentam núcleos isolados e núcleos condensados (Fig. 16).

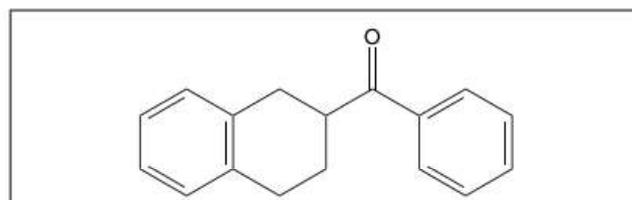
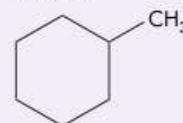


Fig. 16 Cadeia mista (núcleos condensados e isolados).

ATENÇÃO!

Cadeias fechadas com pequenas ramificações têm sido classificadas como fechadas com ramificações em alguns exames de vestibular, sem nenhum prejuízo aos critérios de nomenclatura e referências.



Cadeia fechada e ramificada.

Classificação quanto à disposição

Critério utilizado para avaliar quantas sequências de carbono a cadeia possui.

• **Cadeia normal ou reta**

Apresenta apenas uma sequência de carbonos (Fig. 17 e Fig. 18).

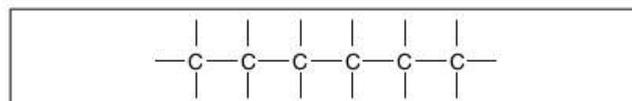


Fig. 17 Cadeia normal ou reta.

Alguns exemplos:

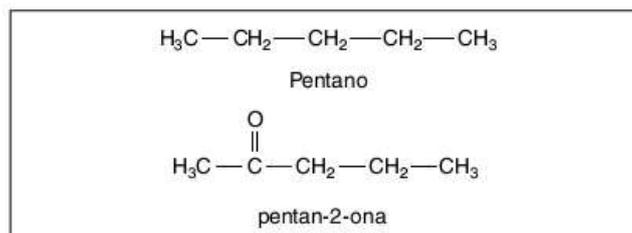


Fig. 18 Compostos orgânicos de cadeia normal.

- **Cadeia ramificada**

Apresenta duas ou mais seqüências de carbonos (Fig. 19 e Fig. 20).

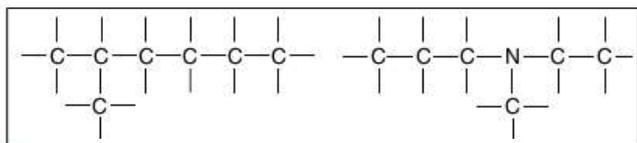


Fig. 19 Cadeia ramificada.

Alguns exemplos:

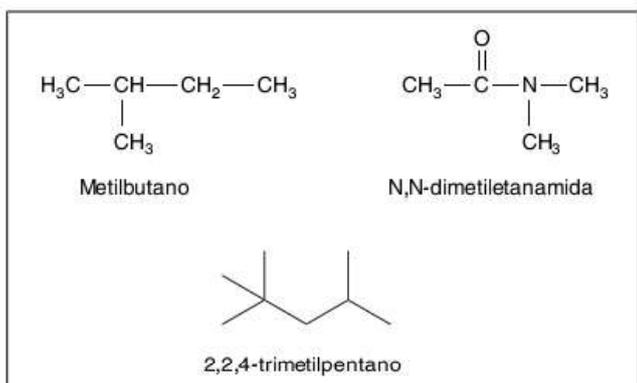


Fig. 20 Compostos orgânicos de cadeia ramificada.

Classificação quanto à natureza

Nesse critério, devemos avaliar se existe ou não a presença de um heteroátomo (átomo diferente de carbono entre carbonos).

- **Cadeia homogênea**

Cadeias que **não** apresentam heteroátomos (Fig. 21 e Fig. 22).

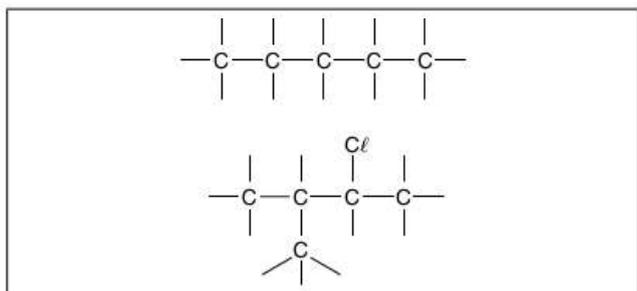


Fig. 21 Cadeias homogêneas.

Alguns exemplos:

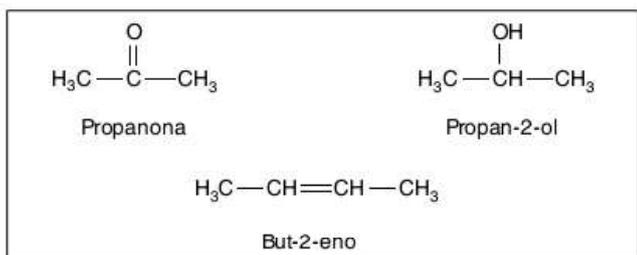


Fig. 22 Compostos orgânicos de cadeia homogênea.

Quando uma cadeia carbônica é cíclica e homogênea, também podemos utilizar o termo **homocíclica** (homogênea + cíclica), como as cadeias da Fig. 23.

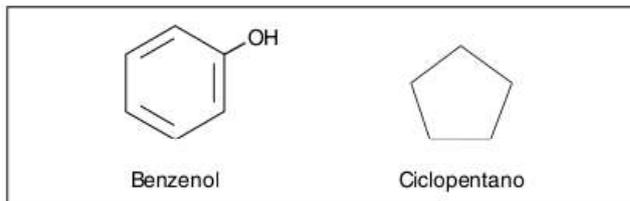


Fig. 23 Cadeias homocíclicas.

- **Cadeia heterogênea**

Apresenta pelo menos um heteroátomo (Fig. 21 e Fig. 25).

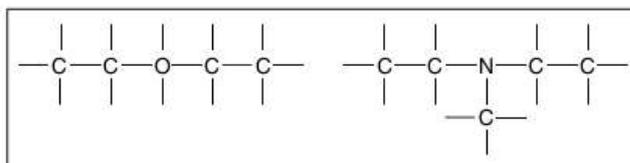


Fig. 24 Cadeias heterogêneas.

Alguns exemplos:

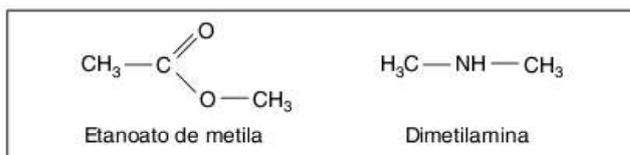


Fig. 25 Compostos orgânicos com cadeia heterogênea.

Quando uma cadeia carbônica é cíclica e heterogênea, também podemos utilizar o termo **heterocíclica** (heterogênea + cíclica), como na Fig. 26.

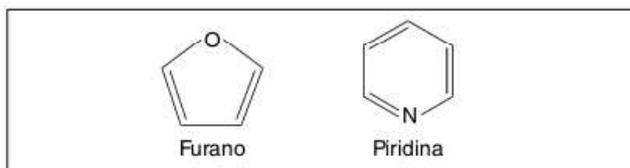


Fig. 26 Cadeias heterocíclicas.

Classificação quanto ao tipo de ligação

Esse critério é utilizado para avaliar o tipo de ligação (simples, dupla ou tripla) que existe entre os carbonos em uma cadeia carbônica.

- **Cadeia saturada**

Apresenta apenas ligações simples entre carbonos (Fig. 27 e Fig. 28).

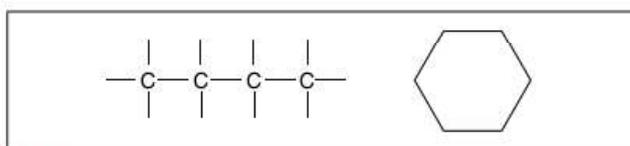


Fig. 27 Cadeias saturadas.

Alguns exemplos:

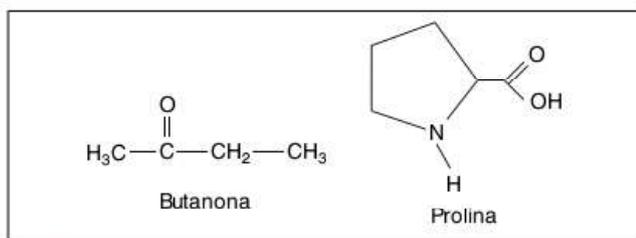


Fig. 28 Compostos orgânicos de cadeia saturada.

• **Cadeia insaturada**

Apresenta pelo menos uma ligação dupla ou uma ligação tripla entre carbonos (Fig. 29 e Fig. 30).

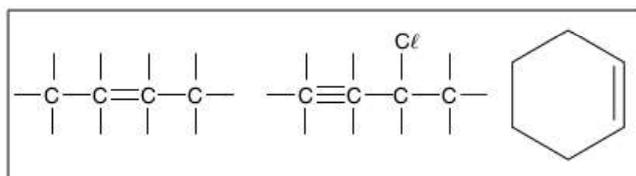


Fig. 29 Cadeias insaturadas.

Alguns exemplos:

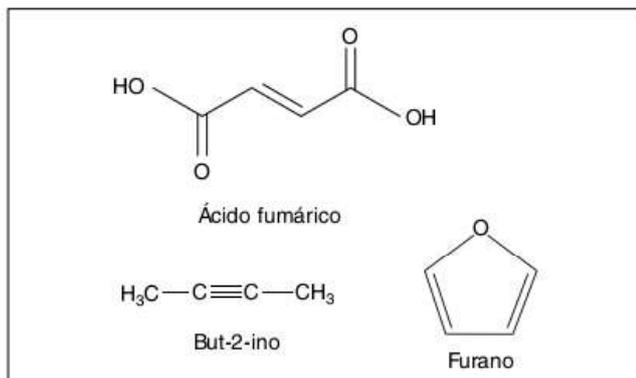


Fig. 30 Compostos orgânicos de cadeia insaturada.

Classificação quanto à aromaticidade

O termo “aromático” começou a ser utilizado aproximadamente no final do século XVIII para classificar compostos obtidos de algumas plantas medicinais que apresentavam odor agradável, porém suas estruturas ainda não haviam sido definidas. Em 1834, o físico-químico inglês Michael Faraday (1791-1867) determinou que a fórmula empírica do benzeno era CH e, alguns anos mais tarde, sua fórmula molecular foi determinada como C₆H₆.

Os químicos da época propuseram várias fórmulas estruturais para o benzeno, já que sua proporção entre átomos de carbono e hidrogênio era diferente de tudo o que se conhecia até então, porém nenhuma delas se mostrava adequada. Somente em 1865 o químico alemão August Kekulé von Stradonitz (1829-1896) propôs uma fórmula estrutural que se mostrou correta para essa substância. Ele sugeriu que os átomos de carbono deveriam estar ligados entre si, formando um anel. Cada carbono se ligaria a um hidrogênio, e as ligações entre os

carbonos deveriam ser duplas e simples alternadas, conforme representado na Fig. 31:

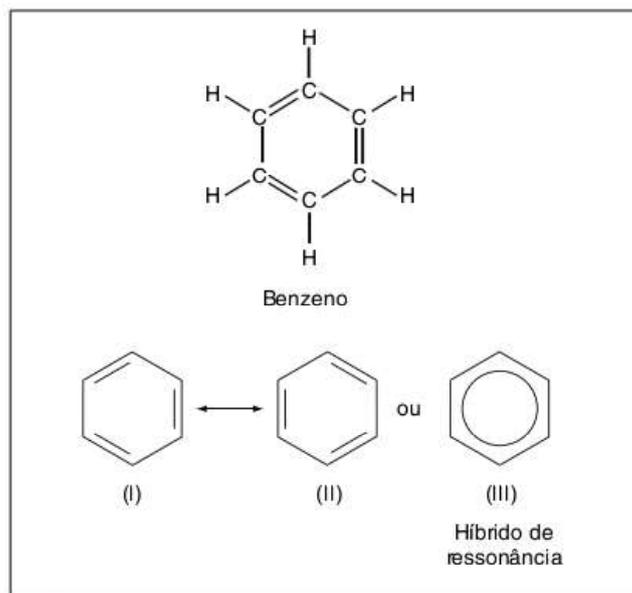


Fig. 31 Representações do benzeno.

Apesar de a representação mostrar ligações duplas e simples entre os carbonos, na realidade, todas as ligações carbono-carbono têm o mesmo comprimento (140 pm). Essa distância é intermediária entre uma ligação simples C – C (~154 pm) e uma ligação dupla C = C (~133 pm). A ordem das ligações C – C no benzeno é de 1,5, o que pode ser representado pela fórmula denominada **híbrido de ressonância**, em que os seis elétrons π estão deslocalizados (em ressonância). É por isso que a fórmula estrutural do benzeno é frequentemente representada pela estrutura (III), em que o círculo ou anel corresponde ao sexteto eletrônico (6 elétrons π).

O círculo ou anel que caracteriza esses compostos é denominado **núcleo** ou **anel aromático**, ou ainda **núcleo** ou **anel benzênico**.

Para efeito de classificação, podemos assumir que compostos aromáticos são ciclos em formato de hexágono com ligações duplas e simples intercaladas. Em virtude do fenômeno de ressonância (deslocalização dos elétrons), essas estruturas são frequentemente representadas pela fórmula híbrido de ressonância.

• **Cadeias alifáticas**

Cadeias abertas e fechadas que não possuem núcleo ou anel aromático (fenômeno da ressonância), como as da Fig. 32.

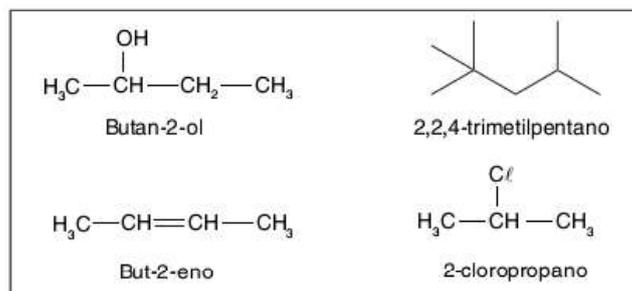


Fig. 32 Cadeias alifáticas.

Quando a cadeia é alifática e fechada (cíclica), costuma-se usar o termo **alícíclica** (alifática + cíclica), como na Fig. 33.

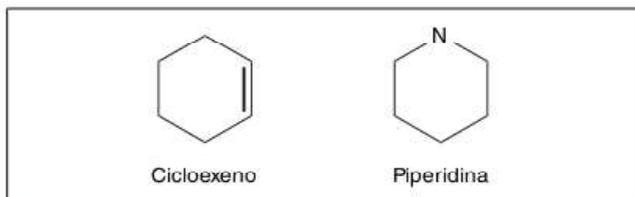


Fig. 33 Cadeias alícíclicas.

• Cadeias aromáticas

Cadeias fechadas que apresentam pelo menos um núcleo ou anel aromático (fenômeno da ressonância), como as da Fig. 34.

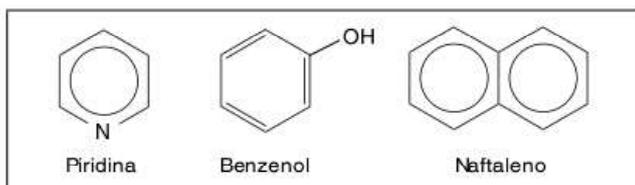
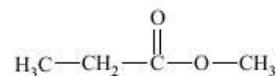


Fig. 34 Cadeias aromáticas.

Exercício resolvido

3 O propanoato de metila, representado a seguir, apresenta cadeia carbônica:



- (a) alifática, normal, saturada e heterogênea.
- (b) alícíclica, normal, saturada e heterogênea.
- (c) aberta, normal, insaturada e heterogênea.
- (d) acíclica, normal, saturada e homogênea.
- (e) alifática, ramificada, insaturada e homogênea.

Resolução:

A cadeia é alifática, pois não apresenta núcleo ou anel aromático; aberta, pois não forma nenhum ciclo; saturada, pois apresenta apenas ligações simples entre os carbonos; e heterogênea, pois apresenta um heteroátomo.

Alternativa: A.

Revisando

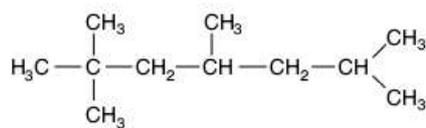
1 Para os químicos dos séculos XVIII e XIX, os compostos orgânicos eram originados somente de seres vivos; e os inorgânicos, dos materiais inanimados, como os minerais. A produção de substâncias orgânicas pelos seres vivos estaria associada a uma "força vital".

Em 1828, Wöhler obteve a ureia (H_2NCONH_2), constituinte típico da urina, a partir do aquecimento do composto inorgânico cianato de amônio ($\text{NH}_4^+\text{CNO}^-$).

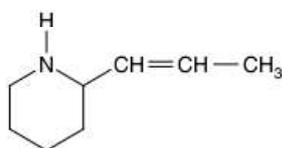
a) Escreva a equação química da reação de Wöhler utilizando fórmulas estruturais dos compostos envolvidos.

b) Explique por que a experiência de Wöhler colocou em dúvida a teoria da "força vital".

2 Indique o número de átomos de carbonos 1°, 2°, 3° e 4° nas cadeias carbônicas a seguir.



Composto 1



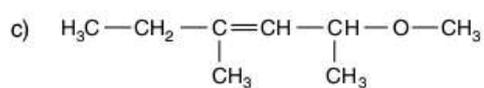
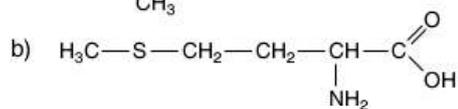
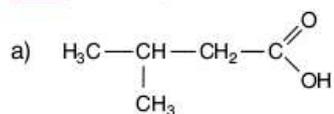
Composto 2

Classificação do carbono	Composto 1	Composto 2
1º		
2º		
3º		
4º		

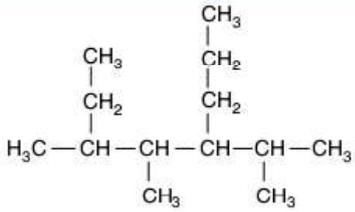
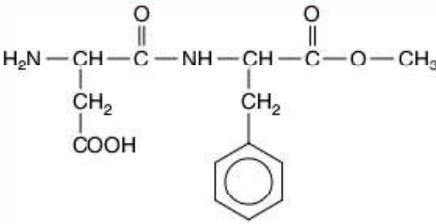
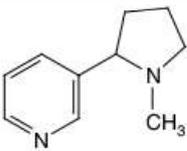
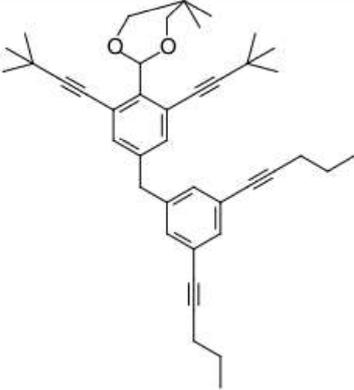
3 Complete os compostos a seguir com a ligação química (simplex, dupla ou tripla) que está faltando:

$\text{H}_3\text{C}-\text{CH} \quad \text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{HC}=\text{C}-\text{CH} \\ \quad \\ \text{HC} \quad \text{N}-\text{C}-\text{OCH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{N}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \quad \text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}} \quad \text{CH}-\text{CH} \quad \text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$

4 Classifique as cadeias carbônicas dos compostos a seguir quanto a quatro itens cada.



5 Para o conjunto de compostos a seguir, encontre a fórmula molecular de cada um deles.

	
Fórmula molecular:	Fórmula molecular:
	
Fórmula molecular:	Fórmula molecular:

6 Relacione as colunas:

Coluna 1 – Cadeias carbônicas

- | | |
|---------------|----------------|
| 1. aberta | 5. saturada |
| 2. fechada | 6. insaturada |
| 3. normal | 7. homogênea |
| 4. ramificada | 8. heterogênea |

Coluna 2 – Características

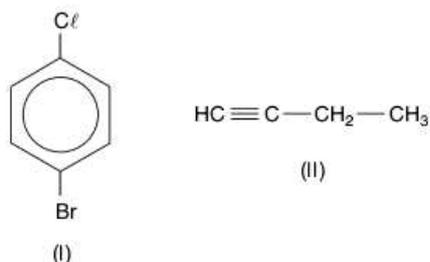
- () Cadeia em que os átomos de carbono ligam-se exclusivamente por meio de ligações simples.
- () Cadeia que apresenta exclusivamente átomos de carbono.
- () Cadeia em que os átomos de carbono apresentam mais de uma sequência.
- () Cadeia em que os átomos de carbono formam anéis ou ciclos.
- () Cadeia em que pelo menos dois átomos de carbono estão ligados por dupla ou tripla ligação.
- () Cadeia que apresenta átomo diferente do carbono.
- () Cadeia em que os átomos de carbono não formam anéis ou ciclos.
- () Cadeia em que todos os átomos de carbono encontram-se em uma única sequência.

7 Considere os compostos I, II, III, IV e V, representados a seguir pelas fórmulas respectivas.

- I. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
- II. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
- III. CH_3CCH
- IV. CH_3CH_3
- V. CH_2CHCH_3

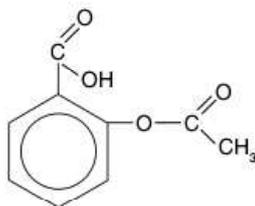
Indique os compostos que apresentam apenas ligações do tipo sigma (σ).

8 Considere os compostos de fórmula:



Classifique cada um deles como saturado ou insaturado, alifático ou aromático.

9 O ácido acetilsalicílico é um analgésico de diversos nomes comerciais (AAS, Aspirina, Buferin e outros). Sua fórmula estrutural é:



Classifique sua cadeia carbônica.

10 O 1,2-benzopireno, mostrado na figura, é um agente cancerígeno encontrado na fumaça do cigarro.

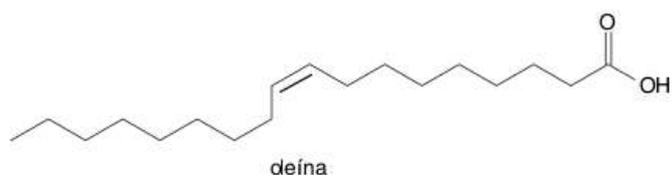


- a) Determine sua fórmula molecular.
- b) Indique o número de ligações pi (π) presentes na estrutura do 1,2-benzopireno.

Exercícios propostos

Texto para a questão 1:

O óleo da amêndoa da andiroba, árvore de grande porte encontrada na região da Floresta Amazônica, tem aplicações medicinais como antisséptico, cicatrizante e anti-inflamatório. Um dos principais constituintes desse óleo é a oleína, cuja estrutura química está representada a seguir.



1 UEA 2014 O número de átomos de carbono na estrutura da oleína é igual a

- (a) 16.
- (b) 18.
- (c) 19.
- (d) 20.
- (e) 17.

Texto para a questão 2:

Ano Internacional da Cooperação pela Água

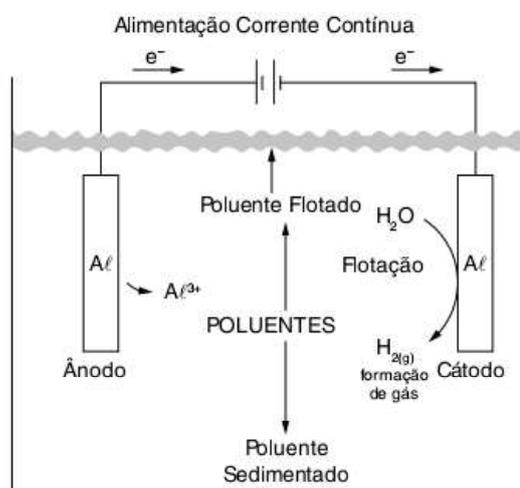
A Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 2013 como o "Ano Internacional da Cooperação pela Água" com a finalidade de uma reflexão mundial sobre os desafios da gestão, acesso, distribuição e serviços relacionados a este recurso cada vez mais escasso no planeta.

Tratamento de águas

Entre os grandes exploradores de fontes aquáticas estão as indústrias têxteis. Estas requerem grandes quantidades de água, corantes, entre outros produtos. O processamento têxtil é um grande gerador de dejetos poluidores de recursos hídricos. Uma técnica promissora para a minimização desse problema é a eletrofloculação, que tem se mostrado eficiente tanto no processo de reciclagem da água quanto do corante. A Fig. 1 mostra uma representação esquemática de um dispositivo de eletrofloculação e a estrutura química do corante índigo, bastante usado nas indústrias têxteis.

Extraído do artigo "Tratamento da água de purificação do biodiesel utilizando eletrofloculação". *Química Nova*, v. 35, n. 4, 2012.

(a)



(b)

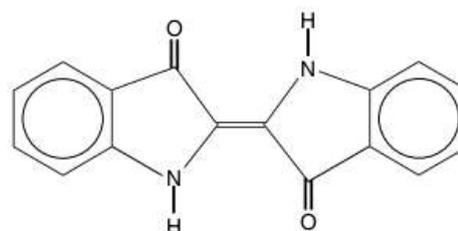


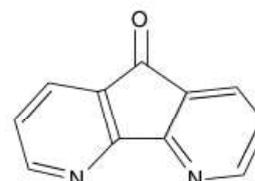
Fig. 1 a) Representação esquemática de um dispositivo de eletrofloculação. b) Estrutura do corante índigo usado em indústrias têxteis.

2 UEPB 2014 A fórmula molecular do corante índigo é:

- (a) $C_{16}H_{16}N_2O_2$
- (b) $C_{14}H_{10}N_2O_2$
- (c) $C_{16}H_{10}N_2O_2$
- (d) $C_{16}H_{10}NO$
- (e) $CHNO$

Texto para a questão 3:

O conhecimento científico tem sido cada vez mais empregado como uma ferramenta na elucidação de crimes. A química tem fornecido muitas contribuições para a criação da ciência forense. Um exemplo disso são as investigações de impressões digitais empregando-se a substância I (figura). Essa substância interage com resíduos de proteína deixados pelo contato das mãos e, na presença de uma fonte de luz adequada, luminesce e revela vestígios imperceptíveis a olho nu.



Substância I

FARIAS, R. F. *Introdução à química forense*. Átomo, 2010. (Adapt.)

3 FGV 2014 A fórmula molecular e o total de ligações sigma na molécula da substância I são, correta e respectivamente:

- (a) $C_{10}H_{10}N_2O$; 16.
- (b) $C_{11}H_6N_2O$; 16.
- (c) $C_{10}H_6N_2O$; 22.
- (d) $C_{11}H_{10}N_2O$; 22.
- (e) $C_{11}H_6N_2O$; 22.

Texto para a questão 4:

No tratamento da maioria dos cânceres, a quimioterapia é frequentemente usada para retardar a progressão da doença. Contudo, esse tratamento provoca, muitas vezes, efeitos colaterais indesejáveis, tais como a perda de cabelo, vômitos e problemas digestivos. A razão desses efeitos colaterais está associada ao fato das drogas quimioterápicas injetáveis conseguirem chegar a qualquer parte do corpo, atingindo não só as células cancerosas, mas também as células saudáveis.

Para minimizar esse tipo de dano à saúde já debilitada do paciente, muitas pesquisas estão sendo feitas utilizando nanopartículas no tratamento do câncer.

A nanotecnologia se tornou, nos últimos anos, uma importante aliada na área de saúde, em especial da medicina, no que se refere à manipulação de partículas ultrapequenas (nanopartículas), para prevenir, diagnosticar ou curar doenças. Atualmente, a definição mais usada estipula que uma partícula é nano se o seu diâmetro equivale a um bilionésimo de metro (10^{-9} m).

No combate ao câncer de próstata, por exemplo, pesquisadores desenvolveram uma estratégia de ataque direto às células doentes por meio de nanopartículas. São elas que levam o fármaco, em altas concentrações, até as células cancerosas, evitando que a maioria das células saudáveis sejam atingidas. Os pesquisadores utilizaram nanopartículas de sílica carregadas de uma substância que combate esse tipo de câncer. Elas são, ainda, revestidas por uma vitamina, o folato, que é naturalmente atraída pelas células tumorais.

Nos testes in vitro, as nanopartículas atingiram seu objetivo e eliminaram cerca de 70% das células tumorais da próstata, enquanto apenas 10% das células saudáveis foram atingidas.

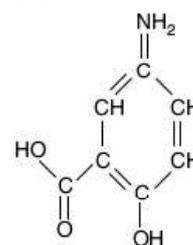
Esse resultado foi considerado muito favorável se comparado aos efeitos gerais de uma quimioterapia.

Porém, por trás dessa nova tecnologia promissora, existe um risco: determinados tipos de nanopartículas poderiam passar livremente pelas defesas naturais do corpo humano, tais como a pele, a membrana mucosa do nariz, da garganta, dos pulmões e do intestino. Isso prejudicaria os órgãos internos, suscetíveis a essas partículas ultrapequenas.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/zsrhtm>>. Acesso em: 16 set. 2016. (Adapt.)

4 CPS 2017 O uso de fármacos já conhecidos dentro dessas nanopartículas é uma das aplicações positivas dessa tecnologia. Desse modo, seria usada uma menor quantidade do medicamento e diminuindo, assim, os efeitos colaterais.

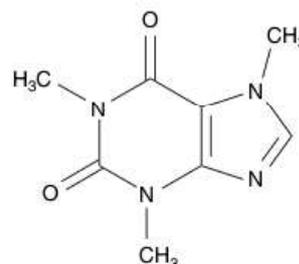
Observe a estrutura do ácido 5-aminosalicílico, fármaco utilizado como anti-inflamatório intestinal.



Assinale a alternativa que apresenta a fórmula molecular desse ácido.

- (a) $C_7H_7NO_3$
- (b) $C_7H_7NO_2$
- (c) $C_6H_7NO_3$
- (d) $CHNO$
- (e) C_7H_7

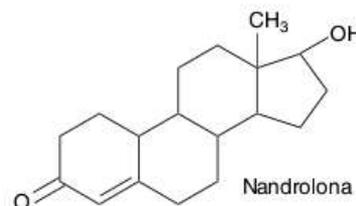
5 FCM-MG A cafeína, um estimulante bastante comum no café, chá, guaraná etc., tem a seguinte fórmula estrutural:



Podemos afirmar corretamente que a fórmula molecular da cafeína é:

- (a) $C_5H_9N_4O_2$
- (b) $C_6H_{10}N_4O_2$
- (c) $C_8H_{10}N_4O_2$
- (d) $C_3H_9N_4O_2$
- (e) $C_8H_{10}N_4O_2$

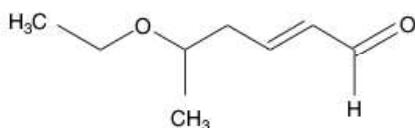
6 UFJF 2017 O Comitê Olímpico Internacional, durante as Olimpíadas Rio 2016, estava bastante atento aos casos de doping dos atletas. A nandrolona, por exemplo, é um hormônio derivado da testosterona muito utilizado pela indústria farmacêutica para a produção de derivados de esteroides anabólicos.



Quantos carbonos terciários com hibridação sp^3 possui esse hormônio na sua estrutura molecular?

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

7 UEM 2016 Considerando o composto abaixo, assinale o que for **correto**.

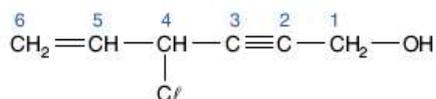


- 01 O oxigênio que forma apenas ligações simples é um heteroátomo.
 02 O composto possui cinco carbonos com hibridização sp^3 .
 04 O composto possui quatro carbonos primários.
 08 A cadeia carbônica possui duas insaturações.
 16 A molécula possui 14 ligações sigma e 2 ligações pi.
 Soma =

8 UFPA 2016 Um anel aromático tem estrutura plana porque seus carbonos têm hibridação

- (a) somente sp .
 (b) somente sp^2 .
 (c) somente sp^3 .
 (d) sp e sp^2 alternadas.
 (e) sp^2 e sp^3 alternadas.

9 UFRGS Na molécula representada a seguir:

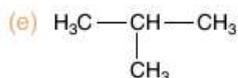
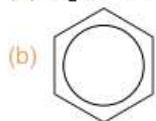


a menor distância interatômica ocorre entre os carbonos de números:

- (a) 1 e 2. (d) 4 e 5.
 (b) 2 e 3. (e) 5 e 6.
 (c) 3 e 4.

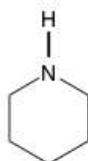
10 UFRGS O hidrocarboneto que apresenta todos os átomos de carbono com orientação espacial tetraédrica é o:

- (a) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ (d) $\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$



- (c) $\text{HC}=\text{CH}$

11 UEPG 2016 Sobre a piperidina, de fórmula estrutural representada abaixo, assinale o que for **correto**.



- 01 É uma molécula acíclica.
 02 Todos os átomos de carbono são hibridizados em sp^2 .
 04 É um composto de cadeia saturada.
 08 Apresenta heteroátomo.

Soma =

12 UFRGS Algumas cadeias carbônicas, nas questões de Química orgânica, foram desenhadas na sua forma simplificada apenas pelas ligações entre seus carbonos. Alguns átomos ficam, assim, subentendidos.

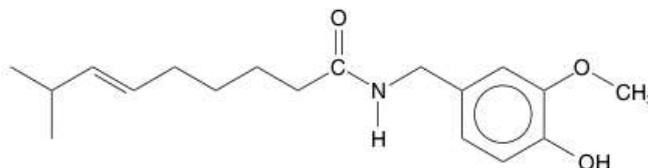
O limoneno é um composto orgânico natural existente na casca do limão e da laranja. Sua molécula está representada a seguir.



Sobre essa molécula, é correto afirmar que:

- (a) é aromática.
 (b) apresenta fórmula molecular $\text{C}_{10}\text{H}_{15}$.
 (c) possui cadeia carbônica insaturada, mista e homogênea.
 (d) apresenta 2 carbonos quaternários.
 (e) possui somente 2 ligações duplas e 8 ligações simples.

13 UEL Você já sentiu o ardido de pimenta na boca? Pois bem, a substância responsável pela sensação picante na língua é a capsaicina, substância ativa das pimentas. Sua fórmula estrutural está representada a seguir.



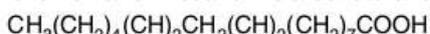
Em relação à estrutura da capsaicina, considere as afirmativas a seguir.

- I. Apresenta cadeia carbônica insaturada.
 II. Apresenta três átomos de carbono terciário.
 III. Apresenta possibilidade de formar ligações (ponte) de hidrogênio.
 IV. Apresenta um ciclo de 6 átomos de carbono sp^2 com elétrons π ressonantes.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

14 PUC-Rio Um grupo de compostos, denominado ácidos graxos, constitui a mais importante fonte de energia na dieta do homem. Um exemplo destes é o ácido linoleico, presente no leite humano. A sua fórmula estrutural simplificada é:

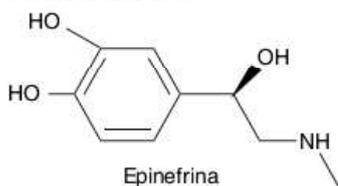


Sua cadeia carbônica é classificada como:

- (a) aberta, normal, saturada e homogênea.
 (b) aberta, normal, insaturada e heterogênea.
 (c) aberta, ramificada, insaturada e heterogênea.
 (d) aberta, ramificada, saturada e homogênea.
 (e) aberta, normal, insaturada e homogênea.

Texto para a questão 15:

A molécula de epinefrina foi primeiramente isolada em sua forma pura em 1897 e sua estrutura foi determinada em 1901. Ela é produzida na glândula adrenal (daí vem o seu nome usual, adrenalina) como um único enantiômero.

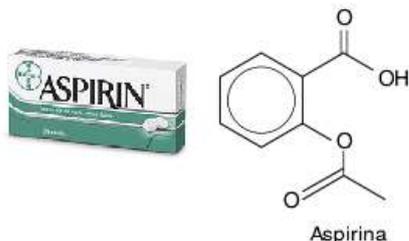


15 Udesc 2016 Analisando a estrutura da molécula de epinefrina, é **incorreto** afirmar que:

- (a) o átomo de nitrogênio está ligado a dois carbonos de configuração sp^3 .
- (b) apresenta ligações covalentes polares e apolares, em sua estrutura.
- (c) os três átomos de oxigênio estão ligados a carbonos e hidrogênios por meio de ligações covalentes polares.
- (d) possui 17 ligações sigma (σ) e três ligações pi (π).
- (e) suas moléculas podem formar ligações de hidrogênio entre si.

Texto para a questão 16:

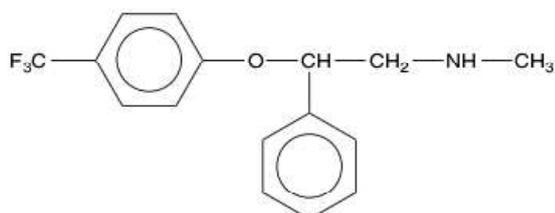
Observe o remédio a seguir e sua composição para responder à questão.



16 IF Sul 2015 O composto orgânico reproduzido no início do enunciado apresenta várias características, dentre as quais, caracteriza-se como correta a

- (a) presença de anel aromático com quatro ligações duplas alternadas.
- (b) existência de três átomos de carbono com hibridização sp .
- (c) massa molar aproximadamente igual a $200 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- (d) presença de cinco ligações covalentes em eixos paralelos (ligação pi).

17 PUC-RS A fluoxetina, presente na composição química do Prozac, apresenta fórmula estrutural:



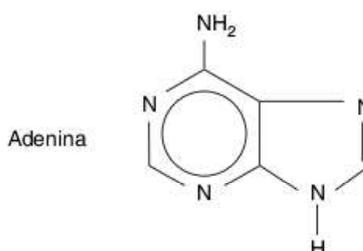
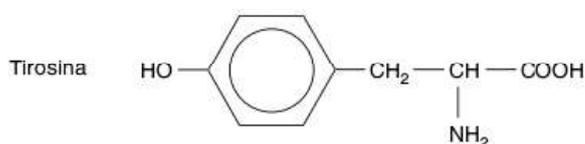
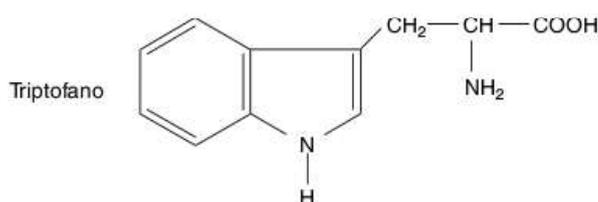
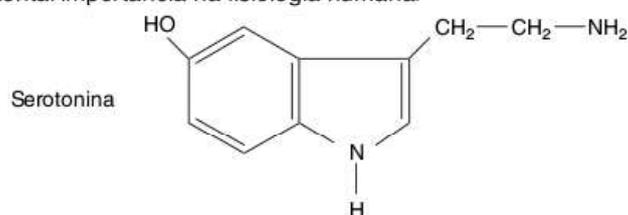
Com relação a esse composto, é correto afirmar que apresenta:

- (a) cadeia carbônica cíclica e saturada.
- (b) cadeia carbônica aromática e homogênea.
- (c) cadeia carbônica mista e heterogênea.
- (d) somente átomos de carbonos primários e secundários.
- (e) fórmula molecular $C_{17}H_{16}ONF$.

18 Mackenzie A molécula que apresenta a menor cadeia alifática, insaturada e que contém um carbono quaternário é:

- (a) C_6H_{12}
- (b) C_5H_{12}
- (c) C_2H_4
- (d) $C_5H_{10}O$
- (e) C_5H_{10}

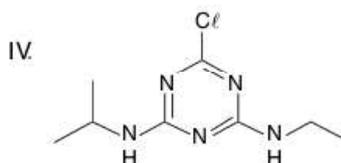
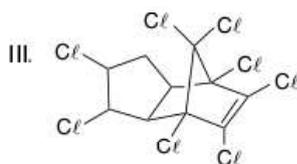
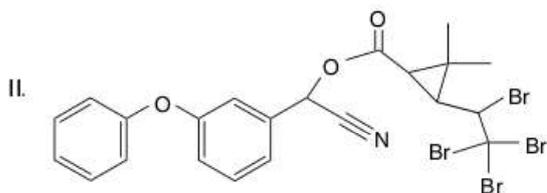
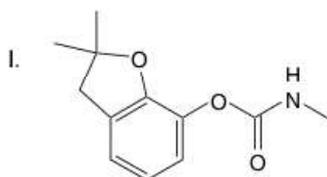
19 FSM Considere, a seguir, o conjunto de representações de moléculas de algumas substâncias químicas com fundamental importância na fisiologia humana.



Então, qual a afirmação correta a respeito das ligações químicas existentes nas moléculas representadas?

- (a) Todas as moléculas contêm ligações π entre carbono sp^3 e nitrogênio.
- (b) Na serotonina e na tirosina, existem ligações π entre carbono sp^2 e oxigênio.
- (c) Todas as moléculas contêm, pelo menos, uma ligação entre carbono sp e oxigênio.
- (d) Todas as moléculas contêm ligações π em um sistema com deslocalização de elétrons.
- (e) Somente na serotonina, existem ligações σ e π entre átomos de carbono e nitrogênio.

20 PUC-PR Um tema de discussão atual tem sido o uso de sementes transgênicas voltado ao suposto aumento da produção de alimentos e diminuição do uso de pesticidas, tais como o carbofurano (I), o tralometrin (II), o clordano (III) e a atrazina (IV).



Dentre esses pesticidas, quais apresentam anel aromático?

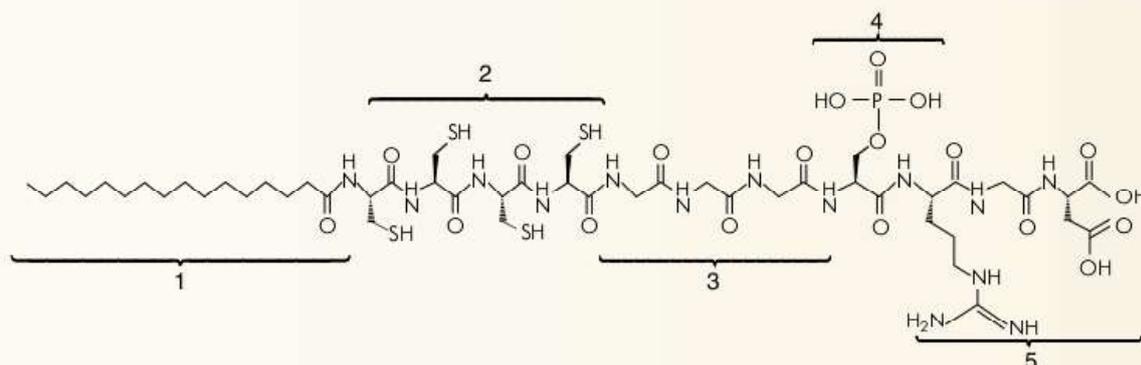
- (a) Carbofurano, tralometrin e atrazina.
- (b) Carbofurano e clordano.
- (c) Atrazina, clordano e tralometrin.
- (d) Carbofurano, tralometrin, clordano e atrazina.
- (e) Clordano e tralometrin.

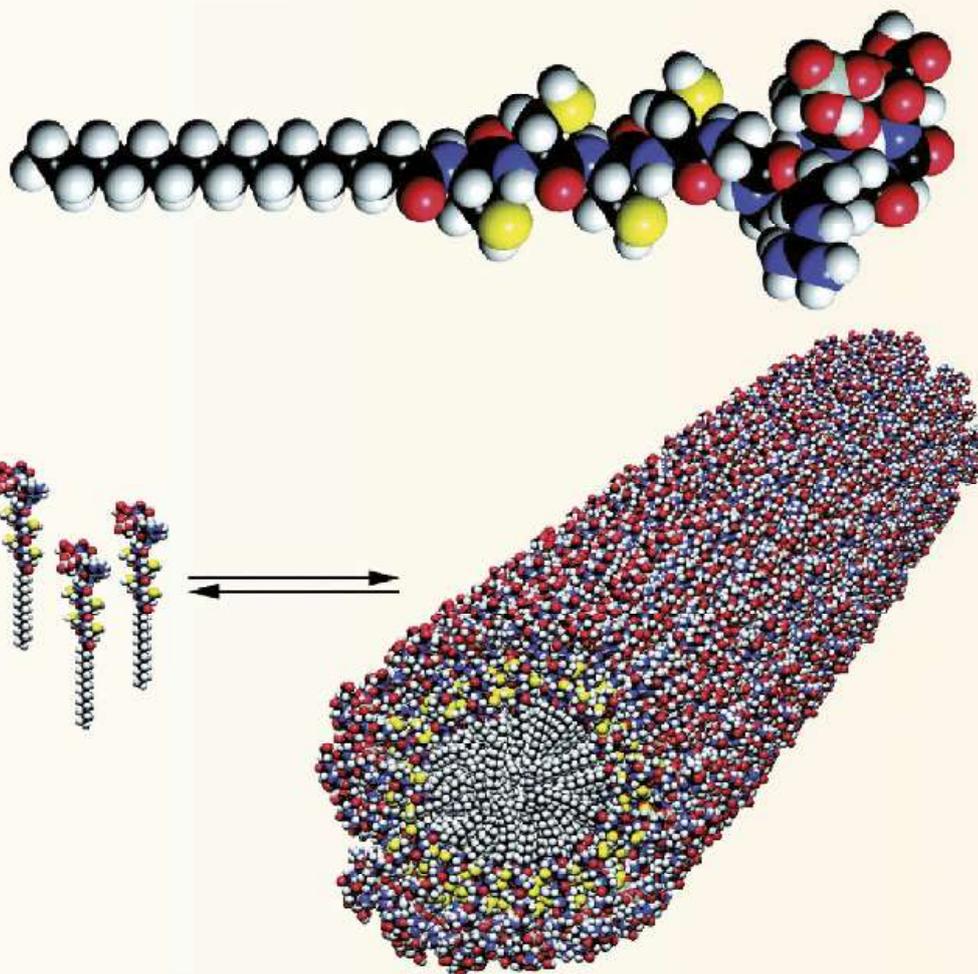
TEXTO COMPLEMENTAR

Modelos orgânicos desenvolvidos para imitar o crescimento de ossos

As forças intermoleculares têm papéis importantes na vida e no mundo ao nosso redor. As forças intermoleculares mantêm as fitas de nosso DNA unidas, fornecem estrutura para as nossas membranas moleculares, fazem com que os pés das lagartixas preguem nas paredes e telhados, não deixam que a água entre em ebulição à temperatura ambiente e pressão normal e literalmente fornecem as forças adesivas que mantêm nossas células, ossos e tecidos unidos. Como esses exemplos mostram, o mundo que nos cerca fornece instruções extraordinárias na nanotecnologia e na bioengenharia, e os cientistas através dos tempos têm se inspirado para criar e inovar com base na natureza. Um alvo de recente pesquisa na bioengenharia é o desenvolvimento de materiais sintéticos que imitam os modelos naturais para o crescimento de ossos. Um material sintético com propriedades de promover o osso poderia ser usado para reparar ossos quebrados, compensar a osteoporose e tratar câncer ósseo.

Tanto o crescimento natural de ossos quanto o sistema sintético em desenvolvimento dependem enormemente das forças intermoleculares. Nos sistemas vivos, os ossos crescem por adesão de células especializadas a um modelo natural fibroso longo chamado de colágeno. Determinados grupos funcionais ao longo do colágeno promovem a união de células do crescimento do osso, enquanto outros grupos funcionais facilitam a cristalização do cálcio. Os químicos da Universidade do Noroeste (liderados por S. I. Stupp) desenvolveram uma molécula que pode ser preparada em laboratório e que imita esse processo. A molécula mostrada adiante agrupa-se espontaneamente em um agregado tubular longo, imitando as fibras do colágeno. As forças de Van der Waals entre os fragmentos alquílicos hidrofóbicos na molécula fazem com que as moléculas se autoagrupem em tubos. Na outra extremidade da molécula, os pesquisadores incluem grupos funcionais que promovem a união da célula e ainda outros grupos funcionais que encorajam a cristalização do cálcio. Finalmente, eles incluem grupos funcionais que permitem uma molécula ser covalentemente ligada às suas vizinhas depois que o processo de autoagrupamento de Van der Waals ocorre, adicionando, assim, estabilização ainda maior à estrutura inicialmente não covalente. Projetar todas essas características em uma estrutura molecular tem rendido frutos, porque as fibras autoagrupadas promovem a cristalização do cálcio ao longo do seu eixo, de modo muito parecido com o modelo natural do colágeno. Esse exemplo de projeto molecular é apenas um desenvolvimento empolgante na interseção da nanotecnologia com a bioengenharia.





SOLOMONS, T. W. Graham; FRYHLE, Craig B. *Química orgânica*. Trad. Maria Lúcia Godinho de Oliveira. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. v. 1, p. 71.

RESUMINDO

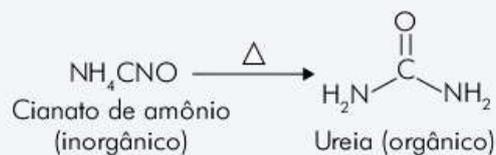
Em 1777, Torbern Olof Bergman (físico e matemático sueco, 1735-1784) sugere a Química Orgânica como uma divisão da Química.

- Química orgânica: estuda os compostos extraídos dos seres vivos (animais e vegetais).
- Química inorgânica: estuda os compostos extraídos dos minerais.

Teoria da força vital ou **Vitalismo**: Em 1807, Jöns Jacob Berzelius formulou uma teoria que afirmava que os compostos orgânicos eram obtidos pela intermediação de uma **força vital** existente apenas em plantas e animais. Esses compostos poderiam ser extraídos e transformados uns nos outros, mas era impossível obtê-los a partir de outros elementos do reino mineral (que não possuíam a força vital).

A ideia do vitalismo começou a declinar quando Friedrich Wöhler sintetizou a ureia (substância anteriormente isolada da

urina de animais) a partir do cianato de amônio, reação que ficou conhecida como Síntese de Wöhler.



O reconhecimento de que a teoria da força vital não tinha grande aplicabilidade na Química Orgânica foi gradual, à medida que novos compostos orgânicos eram reconhecidos e sintetizados.

Conforme o vitalismo perdia forças, aquela definição proposta por Bergman (química dos organismos vivos) deixava de ser adequada e, então, **Kekulé**, em 1858, propôs a definição da Química Orgânica como o **ramo da Química que estuda os compostos de carbono**.

Características do carbono

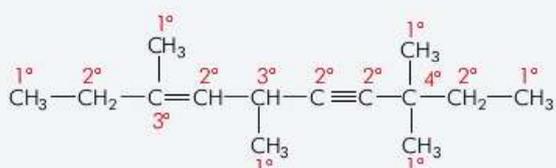
- Em compostos orgânicos, o carbono é tetravalente.
- As quatro ligações simples (do tipo sigma σ) do carbono são equivalentes.
- Além de ligações simples, o carbono também pode realizar ligações duplas ou triplas.

Hibridação	Ligações	Ângulo entre ligações	Geometria
sp^3		$109^{\circ}28'$	Tetraédrica
sp^2		120°	Trigonal plana
sp	$=C=$	180°	Linear
	$-C\equiv$		

- O carbono pode se ligar a diversos elementos.
 - O carbono pode formar cadeias.
- Representação das fórmulas estruturais em Química orgânica:

Fórmula estrutural		
Fórmula estrutural condensada	$H_3C-CH_2-CH_3$	$H_2C=CH_2$
Fórmula estrutural em linhas ou bastão		

Classificação do carbono



Para classificar um carbono, devemos observar a quantos outros átomos de carbono ele está ligado em uma cadeia carbônica. Ele pode ser classificado em:

- Carbono primário: ligado apenas a um átomo de carbono.
- Carbono secundário: ligado a dois átomos de carbono.
- Carbono terciário: ligado a três átomos de carbono.
- Carbono quaternário: ligado a quatro átomos de carbono.

Classificação das cadeias carbônicas

Quanto à forma:

Abertas ou acíclicas
Fechadas ou cíclicas

Quanto à disposição:

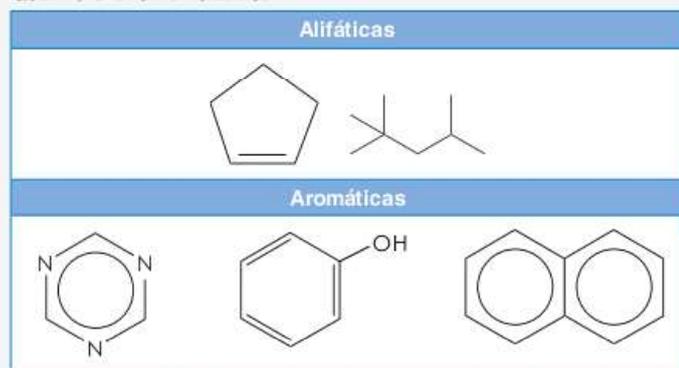
Normal ou reta
Ramificada

Quanto à natureza:

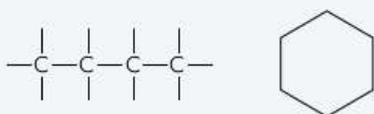
Homogênea
Heterogênea

Quanto ao tipo de ligação:

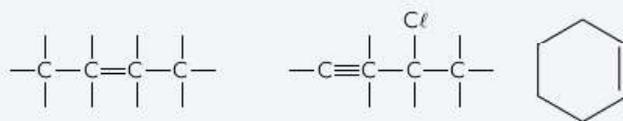
Saturada
Insaturada

Quanto à aromaticidade:

Classificação quanto ao tipo de ligação:

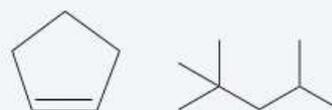
- Cadeia saturada



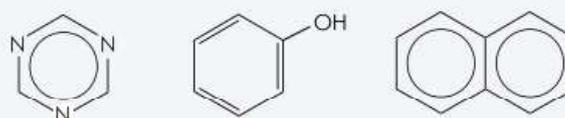
- Cadeia insaturada


Classificação quanto à aromaticidade:

- Alifáticas



- Aromáticas



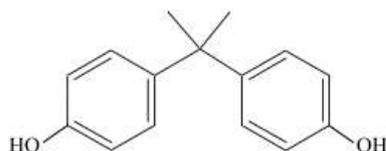
■ QUER SABER MAIS?

 **LIVRO**

- BARBOSA, L. C. de A. *Introdução à química orgânica*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. *Química orgânica*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 1.

Exercícios complementares

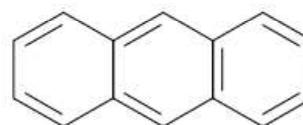
1 UEM 2013 O uso de Bisfenol A (BPA) na produção de garrafas plásticas, mamadeiras e copos para bebês foi proibido no Brasil, no final de 2011, devido a suspeitas de danos à saúde humana. Sobre o BPA (estrutura mostrada a seguir), assinale o que for **correto**.



- 01 É um hidrocarboneto aromático.
 02 É uma molécula planar.
 04 Apresenta plano de simetria.
 08 Sua fórmula molecular é $C_{15}H_{16}O_2$.
 16 Devido à presença de grupos hidroxila, é um composto altamente solúvel em água.

Soma =

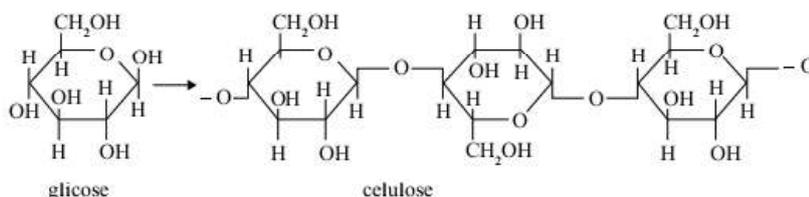
2 Fatec 2012 A fórmula estrutural abaixo representa o antraceno, substância importante como matéria-prima para a obtenção de corantes.



Examinando-se essa fórmula, nota-se que o número de átomos de carbono na molécula do antraceno é

- (a) 3.
 (b) 10.
 (c) 14.
 (d) 18.
 (e) 25.

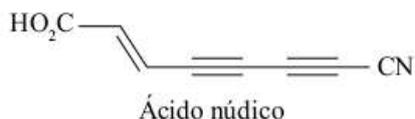
3 Feevale 2012 A celulose é um polímero orgânico presente nas paredes das células vegetais, mais especificamente um polissacarídeo da glicose, conforme mostra a figura abaixo.



A cadeia carbônica da glicose pode ser classificada como:

- (a) fechada, homogênea, ramificada e saturada.
- (b) aberta, heterogênea, simples e insaturada.
- (c) fechada, heterogênea, ramificada e saturada.
- (d) fechada, heterogênea, ramificada e insaturada.
- (e) aberta, homogênea, ramificada e saturada.

4 UFRGS 2012 O ácido núdico, cuja estrutura é mostrada abaixo, é um antibiótico isolado de cogumelos como o *Tricholoma nudum*.

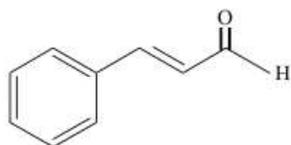


Em relação a uma molécula de ácido núdico, é correto afirmar que o número total de átomos de hidrogênio, de ligações duplas e de ligações triplas é, respectivamente,

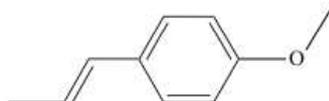
- (a) 1 – 1 – 2.
- (b) 1 – 2 – 3.
- (c) 3 – 1 – 2.
- (d) 3 – 2 – 3.
- (e) 5 – 1 – 3.

Texto para a questão 5:

A indústria de alimentos utiliza vários tipos de agentes flavorizantes para dar sabor e aroma a balas e gomas de mascar. Entre os mais empregados, estão os sabores de canela e de anis.



I-flavorizante de canela

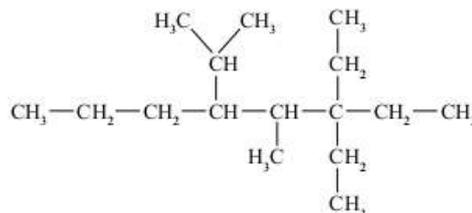


II-flavorizante de anis

5 FGV 2012 A fórmula molecular da substância I, que apresenta sabor de canela, é

- (a) C_9H_8O .
- (b) C_9H_9O .
- (c) C_8H_6O .
- (d) C_8H_7O .
- (e) C_8H_8O .

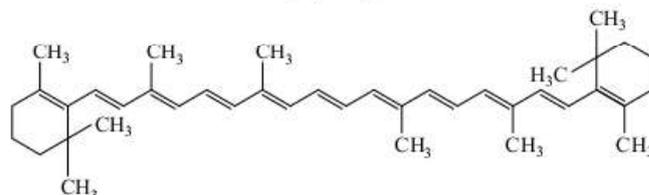
6 Udesc Analise o composto representado na figura a seguir.



Assinale a alternativa **correta** em relação ao composto.

- (a) Este composto representa um alcano de cadeia linear.
- (b) Este composto possui apenas três carbonos terciários.
- (c) Este composto possui quatro insaturações.
- (d) Neste composto encontra-se apenas um carbono assimétrico.
- (e) Este composto é representado pela fórmula molecular $C_{16}H_{32}$.

7 IFSul A molécula abaixo representa o β -caroteno, uma substância encontrada na cenoura, que é precursora da vitamina A.

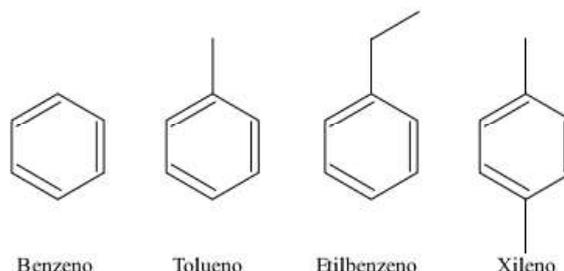


A respeito dessa substância, é correto afirmar que ela

- (a) apresenta massa molar igual a 510 g/mol.
- (b) possui fórmula molecular $C_{40}H_{30}$.
- (c) contém 22 carbonos sp^2 .
- (d) é um hidrocarboneto de cadeia saturada.

8 Uerj A sigla BTEX faz referência a uma mistura de hidrocarbonetos monoaromáticos, poluentes atmosféricos de elevada toxicidade.

Considere a seguinte mistura BTEX:



Ao fim de um experimento para separar, por destilação fracionada, essa mistura, foram obtidas três frações. A primeira e a segunda frações continham um composto distinto cada uma, e a terceira continha uma mistura dos outros dois restantes.

Os compostos presentes na terceira fração são:

- (a) xileno e benzeno
- (b) benzeno e tolueno
- (c) etilbenzeno e xileno
- (d) tolueno e etilbenzeno

9 CFTMG O antraceno, formado por 3 anéis benzênicos com todos os carbonos híbridos do tipo sp^2 , é um composto orgânico de cadeia aromática condensada. Além disso, contém 4 carbonos terciários e os demais, secundários. Portanto, sua fórmula molecular é

- (a) $C_{14}H_{10}$.
- (b) $C_{14}H_{14}$.
- (c) $C_{16}H_{12}$.
- (d) $C_{18}H_{14}$.

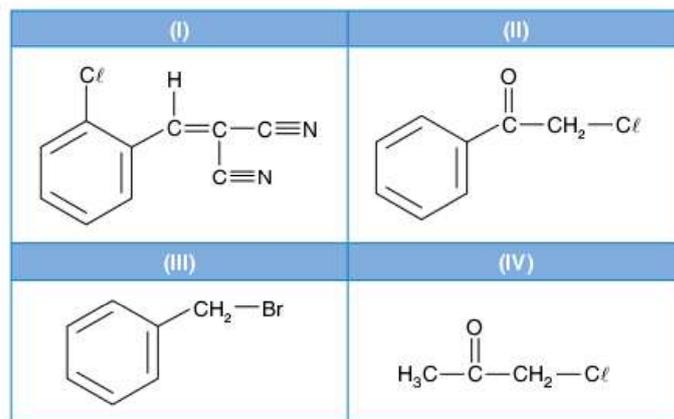
10 Uece 2016 O benzeno é usado principalmente para produzir outras substâncias químicas. Seus derivados mais largamente produzidos incluem o estireno, que é usado para produzir polímeros e plásticos, fenol, para resinas e adesivos, e ciclo-hexano, usado na manufatura de nylon. Quantidades menores de benzeno são usadas para produzir alguns tipos de borrachas, lubrificantes, corantes, detergentes, fármacos, explosivos e pesticidas. O benzeno não é representado apenas por uma estrutura de Lewis, mas por mais de um arranjo para descrever sua estrutura, que corresponde ao efeito mesomérico ou ressonância e é identificada

- (a) por ser bastante estável e agir como se tivesse isoladamente ligações simples e ligações duplas.
- (b) pelas distâncias entre os átomos de carbono das ligações simples (1,54 Å) e das ligações duplas (1,34 Å).
- (c) pela variação da posição dos elétrons σ (sigma) que provocam mudanças nas posições dos átomos de carbono.
- (d) por possuir distância intermediária entre os átomos de carbono, comparada com a distância da ligação simples e a distância da ligação dupla.

11 UFSC 2014 As bombas de gás lacrimogêneo, utilizadas por forças de segurança do mundo inteiro para dispersar manifestações, tiveram destaque em julho de 2013 nas imagens da repressão aos protestos em diversas cidades brasileiras. Os efeitos causados pela exposição ao gás lacrimogêneo demoram cerca de 20 a 45 minutos para desaparecer. Os gases lacrimogêneos comumente utilizados são os irritantes oculares que apresentam composição química variável, podendo, entre outros, ter agentes ativos como: clorobenzilidenomalononitrilo (I), cloroacetofenona (II), brometo de benzila (III) ou cloropropanona (IV).

Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/06/130619_gas_lacrimogeneo_mi_cc.shtml>. Acesso em: 14 ago. 2013. (Adapt.)

A seguir, estão apresentadas as fórmulas estruturais dos agentes ativos do gás lacrimogêneo:

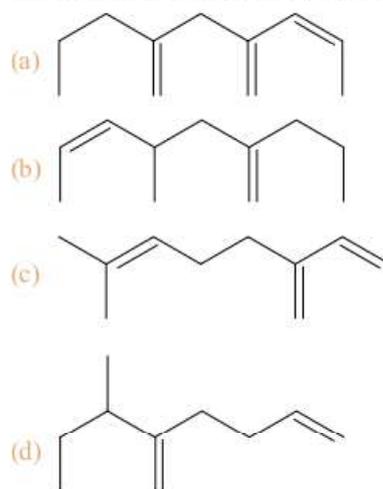


Assinale a(s) proposição(ões) **corretas(s)**.

- 01 A ordem decrescente do raio atômico dos elementos químicos presentes em I é cloro > nitrogênio > carbono > hidrogênio.
- 02 As moléculas II e IV apresentam átomo de cloro ligado a átomo de carbono insaturado.
- 04 A fórmula molecular de I é $C_{10}H_5N_2Cl$.
- 08 Os átomos de nitrogênio, cloro e bromo apresentam cinco elétrons na sua camada de valência.
- 16 Em II e IV, o átomo de carbono da carbonila apresenta hibridização sp^2 .
- 32 Os substituintes do átomo de carbono ligado ao átomo de cloro em IV estão arranjados de acordo com uma estrutura trigonal plana.
- 64 Em I, II e III, as cadeias carbônicas são classificadas como alicíclicas, normais e heterogêneas.

Soma =

12 Uece 2017 A substância responsável pelo sabor amargo da cerveja é o mirceno, $C_{10}H_{16}$. Assinale a opção que corresponde à fórmula estrutural dessa substância.



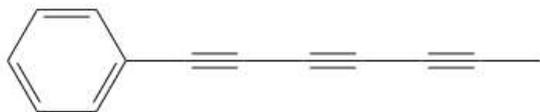
13 IFPE 2017 Há algumas décadas, fumar era moda. Nessa época, o cigarro não era considerado um vilão, até profissionais de saúde, como médicos, eram garotos-propaganda de marcas de cigarro e incentivavam o vício de fumar. Com o passar dos anos, pesquisas mostraram que o cigarro é sim extremamente prejudicial à saúde. Estudos mostram que existem mais de 4.000 substâncias químicas no cigarro, das quais, 50 são comprovadamente cancerígenas, dentre elas, podemos citar: arsênio, polônio-210, DDT, benzeno e benzopireno. Abaixo temos as fórmulas estruturais de duas dessas substâncias que estão na lista das 50 substâncias cancerígenas, o benzeno e o benzopireno.



Em relação às substâncias benzeno e benzopireno, assinale a única alternativa **correta**.

- Tanto o benzeno quanto o benzopireno são hidrocarbonetos aromáticos.
- O benzopireno apresenta hibridação sp^3 em todos os seus carbonos.
- O benzeno, por ser polar, é uma molécula insolúvel na água já que a mesma é apolar.
- Ambos são hidrocarbonetos que apresentam apenas carbonos secundários.
- O benzopireno apresenta fórmula molecular $C_{20}H_{16}$.

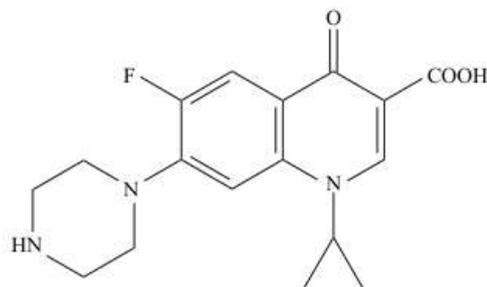
14 Ufes O chá da planta *Bidens pilosa*, conhecida vulgarmente pelo nome de picão, é usado para combater icterícia de recém-nascidos. Das folhas dessa planta, é extraída uma substância química, cujo nome oficial é 1-fenilepta-1,3,5-tri-ino e cuja estrutura é apresentada a seguir. Essa substância possui propriedades antimicrobianas e, quando irradiada com luz ultravioleta, apresenta atividade contra larvas de mosquitos e nematoides.



Sobre a estrutura dessa substância, pode-se afirmar que:

- possui 12 átomos de carbono com hibridização sp^2 .
- possui 12 ligações σ carbono-carbono.
- não possui carbonos com hibridização sp^3 .
- possui 3 átomos de carbono com hibridização sp .
- possui 9 ligações π carbono-carbono.

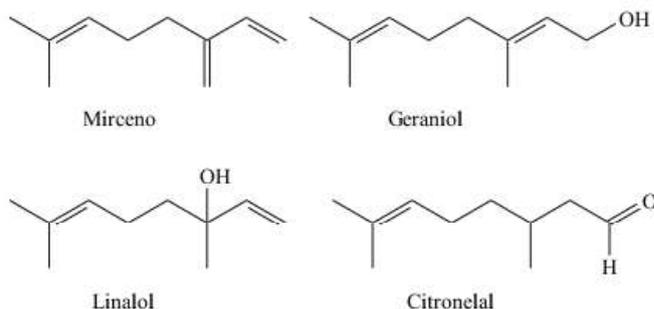
15 UFSCar O Cipro (ciprofloxacino) é um antibiótico administrado por via oral ou intravenosa, usado contra infecções urinárias e, recentemente, seu uso tem sido recomendado no tratamento do antraz, infecção causada pelo microrganismo *Bacillus anthracis*. A fórmula estrutural desse antibiótico é mostrada na figura.



- Qual a fórmula molecular desse antibiótico?
- Qual a porcentagem em massa de carbono?

16 UFSM O odor de muitos vegetais, como o de menta, louro, cedro e pinho, e a cor de outros, como a de cenouras, tomates e pimentões, são causados por uma grande classe de compostos naturais denominados terpenos.

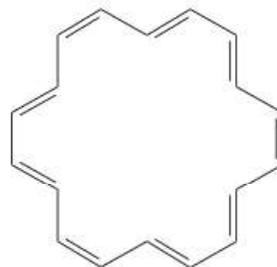
Observe o esquema a seguir.



Marque a alternativa que apresenta, corretamente, o número de elétrons π correspondente a cada terpeno.

- 4 – Mirceno; 2 – Geraniol; 4 – Linalol; 4 – Citronelal.
- 6 – Mirceno; 4 – Geraniol; 4 – Linalol; 2 – Citronelal.
- 6 – Mirceno; 4 – Geraniol; 4 – Linalol; 4 – Citronelal.
- 4 – Mirceno; 2 – Geraniol; 2 – Linalol; 2 – Citronelal.
- 6 – Mirceno; 4 – Geraniol; 2 – Linalol; 6 – Citronelal.

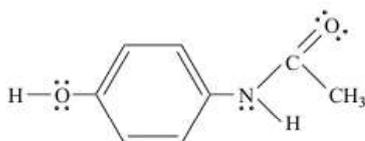
17 UFU O anuleno é um hidrocarboneto aromático que apresenta a seguinte fórmula estrutural simplificada.



Sobre esse composto, pode-se afirmar que:

- (a) tem fórmula molecular $C_{18}H_{20}$, 9 ligações pi (π) e ângulos de 109° entre as ligações carbono-carbono.
- (b) tem fórmula molecular $C_{18}H_{18}$, 9 ligações pi (π) e ângulos de 120° entre as ligações carbono-carbono.
- (c) tem fórmula molecular $C_{18}H_{16}$, 9 elétrons pi (π) e ângulos de 109° entre as ligações carbono-carbono.
- (d) tem fórmula molecular $C_{18}H_{20}$, 9 elétrons pi (π) e ângulos de 120° entre as ligações carbono-carbono.

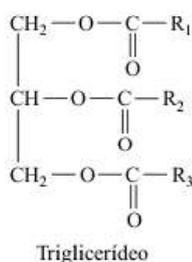
18 UFPI A estrutura do acetaminofen, responsável pela atividade analgésica e antipirética do Tylenol, é dada a seguir.



Escolha a opção cujos itens relacionam-se com a estrutura fornecida.

- (a) nº de elétrons π : 6; nº de elétrons não ligante: 6; nº de carbonos sp^2 : 6; nº de carbonos saturados: 2.
- (b) nº de elétrons π : 8; nº de elétrons não ligante: 8; nº de carbonos sp^2 : 6; nº de carbonos saturados: 2.
- (c) nº de elétrons π : 8; nº de elétrons não ligante: 10; nº de carbonos sp^2 : 1; nº de carbonos saturados: 7.
- (d) nº de elétrons π : 6; nº de elétrons não ligante: 8; nº de carbonos sp^2 : 6; nº de carbonos saturados: 2.
- (e) nº de elétrons π : 8; nº de elétrons não ligante: 10; nº de carbonos sp^2 : 7; nº de carbonos saturados: 1.

19 Unifesp O azeite de oliva é considerado o óleo vegetal com sabor e aroma mais refinados. Acredita-se que ele diminui os níveis de colesterol no sangue, reduzindo os riscos de doenças cardíacas. Suspeita-se que algumas empresas misturem óleos de amendoim, milho, soja e outros, mais baratos, com o azeite de oliva, para aumentar seus lucros. Os triglicerídeos diferem uns dos outros em relação aos tipos de ácidos graxos e à localização no glicerol. Quando um triglicerídeo é formado a partir de dois ácidos linoleicos e um ácido oleico, temos o triglicerídeo LLO. No azeite de oliva, há predominância do OOO e no óleo de soja, do LLL. Como os triglicerídeos são característicos de cada tipo de óleo, sua separação e identificação tornam possível a análise para detectar possíveis adulterações do azeite.



Na tabela, são apresentados os ácidos graxos mais comuns.

Ácido	Número de átomos de carbono	Número de ligações $c = c$
Palmitico	16	0
Estearico	18	0
Oleico	18	1
Linoleico	18	2

Na estrutura química do triglicerídeo OOO, os três radicais R são iguais a:

- (a) $-C_{18}H_{35}$
- (b) $-C_{18}H_{36}$
- (c) $-C_{17}H_{33}$
- (d) $-C_{17}H_{34}$
- (e) $-C_{17}H_{35}$

20 UFPEL O mescal é uma planta da família das cactáceas, nativa do México, usada pela população de certas partes do país como alucinógeno, em rituais religiosos primitivos. O efeito alucinógeno dessa planta é decorrente de um alcaloide conhecido como mescalina. Observe sua estrutura:



Sobre a mescalina, é correto afirmar que:

- I. tem fórmula molecular $C_{11}H_{17}O_3N$.
- II. tem na sua estrutura carbonos primários e quaternários.
- III. tem hibridação do tipo sp^3-sp^3 nos carbonos do anel benzênico.

Está(ão) correta(s):

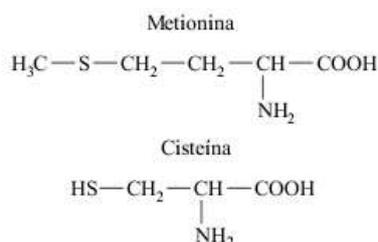
- (a) todas as afirmativas.
- (b) as afirmativas I e II.
- (c) as afirmativas II e III.
- (d) as afirmativas I e III.
- (e) somente a afirmativa I.

21 UFF A estrutura dos compostos orgânicos começou a ser desvendada em meados do séc. XIX, com os estudos de Couper e Kekulé, referentes ao comportamento químico do carbono. Dentre as ideias propostas, três particularidades do átomo de carbono são fundamentais, sendo que uma delas refere-se à formação de cadeias.

Escreva a fórmula estrutural (contendo o menor número de átomos de carbono possível) de hidrocarbonetos apresentando cadeias carbônicas com as seguintes particularidades:

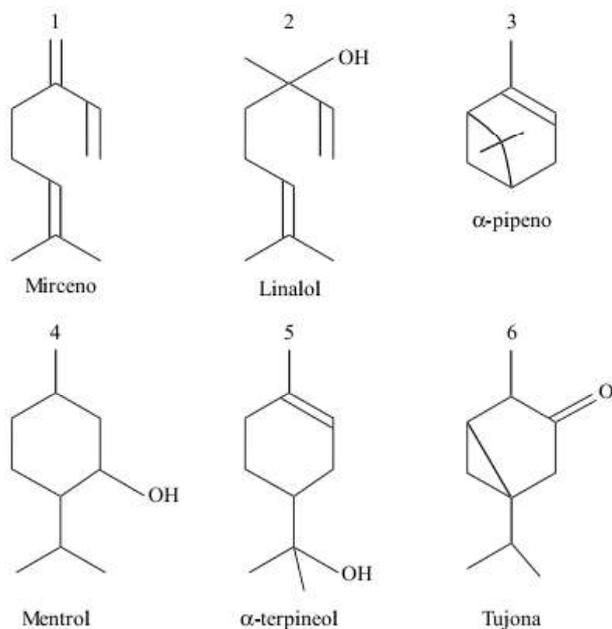
- a) acíclica, normal, saturada, homogênea.
- b) acíclica, ramificada, insaturada etênica, homogênea.
- c) aromática, mononuclear, ramificada.

22 UFPel Considerando a metionina e a cisteína, assinale a afirmativa correta sobre suas estruturas.



- (a) Ambos os aminoácidos apresentam um átomo de carbono cuja hibridização é sp^2 e cadeia carbônica homogênea.
- (b) Ambos os aminoácidos apresentam um átomo de carbono cuja hibridização é sp^2 , mas a metionina tem cadeia carbônica heterogênea e a cisteína, homogênea.
- (c) Ambos os aminoácidos apresentam um átomo de carbono cuja hibridização é sp^2 e cadeia carbônica heterogênea.
- (d) Ambos os aminoácidos apresentam os átomos de carbono com hibridização sp e cadeia carbônica homogênea.
- (e) Ambos os aminoácidos apresentam os átomos de carbono com hibridização sp , mas a metionina tem cadeia carbônica homogênea, e a cisteína heterogênea.

23 UFG Monoterpenos, substâncias de origem vegetal e animal, podem ser divididos em acíclicos, monocíclicos e bicíclicos. São exemplos de monoterpenos as estruturas a seguir.

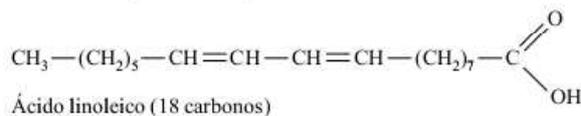
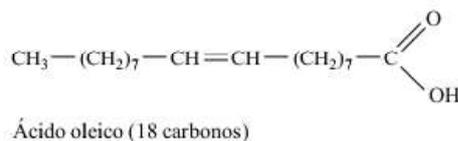
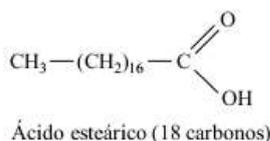
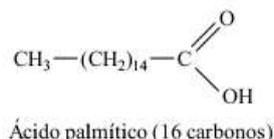
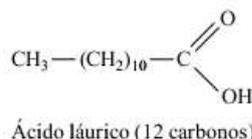


Entre os monoterpenos representados, são acíclico, monocíclico e bicíclico, respectivamente:

- (a) 1, 2 e 3.
- (b) 1, 3 e 5.
- (c) 2, 3 e 5.
- (d) 2, 4 e 6.
- (e) 2, 4 e 5.

24 Fatec Ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias carbônicas lineares relativamente longas. Essas cadeias podem ser saturadas (não apresentam duplas ligações entre átomos de carbono) ou insaturadas (apresentam duplas ligações entre átomos de carbono).

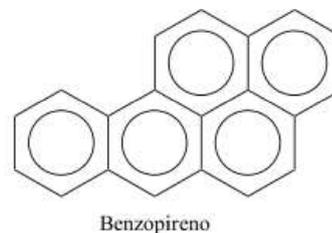
Sabe-se que o ponto de fusão de um ácido graxo é tanto maior quanto maior sua massa molar e menor o seu grau de insaturação. Considere os seguintes ácidos graxos:



Dentre esses, o ácido que apresenta o maior ponto de fusão é o:

- (a) láurico.
- (b) palmítico.
- (c) esteárico.
- (d) oleico.
- (e) linoleico.

25 UEL Dentre os componentes do cigarro, encontram-se a nicotina, que interfere no fluxo de informações entre as células; a amônia, que provoca irritação nos olhos; e o alcatrão, formado pela mistura de compostos como o benzopireno, o crizeno e o antraceno, todos com potencial cancerígeno.



Sobre o benzopireno, cuja estrutura química é apresentada acima, é correto afirmar que a molécula é formada por:

- (a) cadeias aromáticas com núcleo benzênico.
- (b) arranjo de cadeias carbônicas acíclicas.
- (c) cadeias alicíclicas de ligações saturadas.
- (d) cadeias carbônicas heterocíclicas.
- (e) arranjo de anéis de ciclohexano.

26 UFRGS A fumaça liberada na queima de carvão contém muitas substâncias cancerígenas, dentre elas os benzopirenos, como, por exemplo, a estrutura:



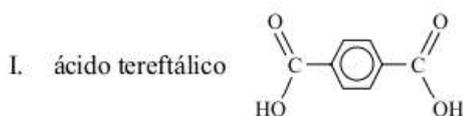
Sua cadeia carbônica corresponde a um:

- (a) hidrocarboneto, insaturado, aromático, com núcleos condensados.
- (b) hidrocarboneto, alicíclico, insaturado, com três núcleos condensados.
- (c) heterocíclico, saturado, aromático.
- (d) ciclo homogêneo, saturado, aromático.
- (e) alqueno, insaturado, não aromático.

27 UfsCar A queima do eucalipto para produzir carvão pode liberar substâncias irritantes e cancerígenas, tais como benzoantracenos, benzofluorantracenos e dibenzoantracenos, que apresentam em suas estruturas anéis de benzeno condensados. O antraceno apresenta três anéis e tem fórmula molecular:

- (a) $C_{14}H_8$
- (b) $C_{14}H_{10}$
- (c) $C_{14}H_{12}$
- (d) $C_{18}H_{12}$
- (e) $C_{18}H_{14}$

28 Puccamp Preocupações com a melhoria da qualidade de vida levaram a propor a substituição do uso do PVC pelo tereftalato de polietileno ou PET, menos poluente na combustão. Esse polímero está relacionado com os compostos:



II. etileno $H_2C = CH_2$

É correto afirmar que I e II têm, respectivamente, cadeia carbônica:

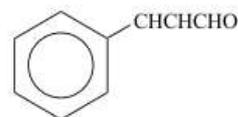
- (a) alicíclica e acíclica.
- (b) saturada e insaturada.
- (c) heterocíclica e aberta.
- (d) aromática e insaturada.
- (e) acíclica e homogênea.

29 PUC-Rio Uma forma de verificar se um composto apresenta dupla ligação carbono-carbono ($C=C$) é reagi-lo com soluções diluídas de permanganato de potássio (uma solução violeta), pois essas causam o seu descoloramento. Assim, das possibilidades a seguir, assinale aquela que contém apenas compostos que vão descolorir uma solução diluída de permanganato de potássio.

- (a) $CH_3CH_2CH_3$ e $CH_3CH_2CH_2OH$
- (b) CH_3CHCH_2 e $CH_3CH_2CH_2OH$
- (c) CH_3CHCH_2 e CH_3COCH_3
- (d) $CH_3CH_2CH_3$ e CH_3COCH_3
- (e) CH_3CHCH_2 e CH_2CHCH_2OH

30 PUC-MG A substância responsável pelo odor característico da canela (*Cinnamomum zeulanicum*) tem nome usual de aldeído cinâmico.

Com fórmula mostrada na figura adiante:



apresenta ligações pi em número de:

- (a) 1
- (b) 2
- (c) 3
- (d) 5

6

Nomenclatura dos compostos orgânicos

FRENTE 1

© ECLIPSE DIGITAL IMAGING, INC | DREAMSTIME.COM

A União Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac – do inglês International Union of Pure and Applied Chemistry) foi formada em 1919, após o reconhecimento da necessidade de padronizar unidades de peso e medida, além de nomes e símbolos utilizados na química. Apesar de ser reconhecida pelo desenvolvimento desses padrões, a organização também atua na divulgação e no incentivo do desenvolvimento da química pelo mundo.

Introdução

Os nomes dos compostos orgânicos foram inicialmente atribuídos com base em suas propriedades, local de obtenção ou nome do descobridor. A Tab. 1 traz alguns exemplos dessa forma de nomenclatura.

Nome	Origem	Fórmula
Ácido fórmico	Ácido encontrado no veneno de certas formigas.	
Ácido acético	Do latim <i>acetum</i> = azedo.	
Ácido láctico	Do latim <i>lactis</i> = leite.	
Ureia	Encontrada na urina.	
Cadaverina	Formada na putrefação de tecidos orgânicos de corpos em decomposição.	

Tab. 1 Origem dos nomes de compostos orgânicos.

A discussão sobre a padronização e o alinhamento de conhecimentos sobre a química teve início em 1860, em uma conferência comandada pelo químico alemão August Kekulé (1829-1896). Em 1894 aconteceu o primeiro Congresso de Química Aplicada, que passou a ocorrer a cada dois anos e deu continuidade aos trabalhos iniciados por Kekulé. Desde então, os cientistas vêm desenvolvendo e aperfeiçoando um sistema de nomenclatura para compostos orgânicos. As primeiras regras foram publicadas em língua inglesa, já sob supervisão da Iupac, em 1949, e sofreram duas importantes revisões: uma em 1979 e outra em 1993. Dessas, apenas a revisão de 1993 foi traduzida para a língua portuguesa em 1999.

O nome de um composto orgânico qualquer, segundo a Iupac, é, portanto, um nome formado de acordo com o procedimento descrito na edição de 1979 da *Nomenclature of Organic Chemistry* (Nomenclatura de Química Orgânica) e modificado pelas recomendações de 1993.

Alguns exemplos de nomenclatura segundo a Iupac são:

- Nomenclatura substitutiva.
- Nome de classe funcional ou nomenclatura radicofuncional.
- Nome de permuta.
- Nome conjuntivo.

- Nome semissistemático ou nome semitrivial.
- Nome trivial (usual).

Dessa forma, nem sempre a substância apresenta apenas um nome segundo a Iupac, mas vários, de acordo com o tipo de operação de nomenclatura envolvido. Dessas nomenclaturas, as duas mais comuns e mais estudadas no Ensino Médio são a **substitutiva** e a **nomenclatura de classe funcional**. No entanto, algumas substâncias orgânicas ainda são identificadas pelo nome trivial ou semitrivial, em virtude de o composto em questão ser muito comum e/ou estar muito presente no cotidiano.

Nomenclatura substitutiva

Indica a substituição de um ou mais átomos de hidrogênio, ligados à cadeia carbônica principal, por outro átomo ou grupo substituinte. Essa substituição é assinalada por um sufixo ou prefixo.

Segundo essa regra, o nome de um composto orgânico é formado pela união de três partes: um **prefixo**, um **infixo** e um **sufixo**.

O prefixo indica o número de átomos de carbono na cadeia, conforme a Tab. 2:

Número de átomos de carbono (n)	Prefixo	Número de átomos de carbono (n)	Prefixo
1	met	11	undec
2	et	12	dodec
3	prop	13	tridec
4	but	14	tetradec
5	pent	15	pentadec
6	hex	16	hexadec
7	hept	17	heptadec
8	oct	18	octadec
9	non	19	nonadec
10	dec	20	icos

Tab. 2 Prefixos dos nomes de compostos orgânicos conforme a quantidade de átomos de carbono.

O infixo indica o tipo de ligação entre carbonos (Tab. 3):

Tipo de ligação	Infixo
Só ligação simples	an
Uma ligação dupla	en
Uma ligação tripla	in
Uma ligação dupla e uma ligação tripla	enin
Duas ligações duplas	dien
Duas ligações triplas	diin

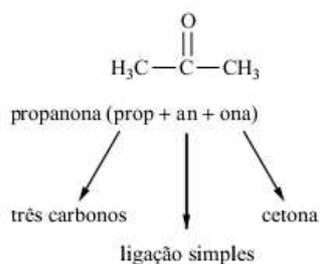
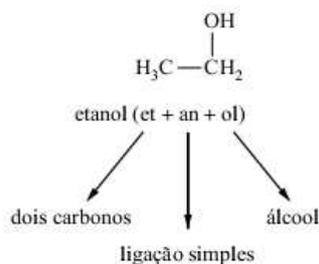
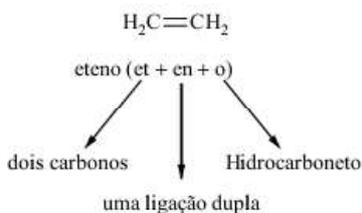
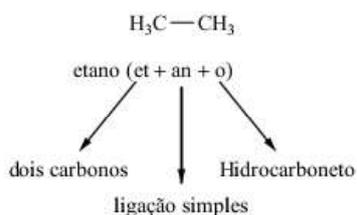
Tab. 3 Infixos dos nomes de compostos orgânicos conforme o tipo de ligação entre carbonos.

O sufixo indica a que função pertence o composto orgânico. A Tab. 4 apresenta algumas classes funcionais e seus respectivos sufixos.

Classe funcional	Fórmula	Sufixo
Hidrocarboneto	C_xH_y	o
Álcool	$\begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array} OH$	ol
Aldeído	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \\ H \end{array}$	al
Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \\ OH \end{array}$	oico
Cetona	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C- \end{array}$	ona

Tab. 4 Sufixos dos nomes de compostos orgânicos conforme suas classes funcionais.

Exemplos:



Exercício resolvido

1 Ao se observar os nomes dos compostos orgânicos, nota-se que a primeira parte do nome fornece a informação referente ao número de átomos de carbono da cadeia. Escreva, nos espaços pontilhados, o número de átomos de carbono existentes na cadeia dos seguintes compostos:

- (a) undecano
 (b) propanol
 (c) ácido hexadecanoico
 (d) pentanal
 (e) butanona

Resolução:

Para determinar o número de carbonos na cadeia de cada composto, basta identificar o prefixo no nome de cada composto.

- a) **undecano** 11
 b) **propanol** 3
 c) **ácido hexadecanoico** 16
 d) **pentanal** 5
 e) **butanona** 4

Hidrocarbonetos

Compostos formados **exclusivamente** por **carbono** e **hidrogênio**. A fórmula geral dos hidrocarbonetos pode ser representada por C_xH_y . Na maioria das vezes, são moléculas apolares, em razão da baixa eletronegatividade apresentada por esses elementos químicos (carbono e hidrogênio). Além disso, a pequena polaridade observada nessas moléculas é, em geral, neutralizada pela própria geometria da molécula. Consequentemente, a força dipolo induzido é a única interação entre suas moléculas.

Nomenclatura de hidrocarbonetos não ramificados

Na nomenclatura de um hidrocarboneto, o sufixo utilizado é **o**, portanto o nome de um hidrocarboneto de cadeia normal é dado por: **prefixo + infixo + o**.

A função hidrocarboneto é dividida em subfunções (Tab. 5) de acordo com a classificação de sua cadeia.

Cadeia aberta (Alifáticas)	Alcanos	Cadeia saturada	
	Alcenos	Cadeia insaturada por uma ligação dupla	
	Alcinos	Cadeia insaturada por uma ligação tripla	
	Alcadienos	Cadeia insaturada por duas ligações duplas	
Cadeia fechada (Cíclicas)	Alicíclicas	Cicloalcanos	Cadeia saturada
		Cicloalcenos	Cadeia insaturada por uma ligação dupla
	Aromáticos	Apresentam núcleo ou anel aromático (ressonância eletrônica)	

Tab. 5 Subfunções dos hidrocarbonetos.

SAIBA MAIS

Os alcanos são compostos amplamente encontrados na natureza, extraídos, principalmente, do gás natural e do petróleo e são largamente utilizados como combustíveis. O metano, por exemplo, é o principal constituinte do GNV (gás natural veicular). Sua utilização como combustível é interessante, além de ser mais barato, é menos poluente que a gasolina.

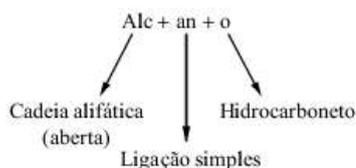
O metano também é produzido pela decomposição anaeróbica de matéria orgânica (vegetais ou animais) causada por microrganismos, como em solos alagados de plantações de arroz e pântanos (gás dos pântanos). Alguns animais ruminantes, como o gado, também produzem esse gás em seu sistema digestório. Além disso, o metano é produzido em aterros sanitários (gás do lixo), nos quais lixo e terra são depositados em camadas sucessivas. Para ser aproveitado como combustível, pode ser produzido por decomposição de matéria orgânica em biodigestores (biogás).

Alcanos ou parafinas

Os alcanos ou parafinas são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **saturados**, ou seja, os átomos de carbono estão unidos por ligação simples.

Os alcanos também são conhecidos como **parafinas** (do latim *parum* = pouca + *affinis* = afinidade), porque, de fato, esses compostos apresentam baixa reatividade.

O termo alcano é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



A fórmula geral dos alcanos é C_nH_{2n+2} , em que n representa o número de átomos de carbono. Essa fórmula relaciona a proporção entre a quantidade de átomos de carbono e de átomos de hidrogênio que constituem um alcano. Para compreender essa fórmula geral, observe a estrutura do decano, um alcano de cadeia longa e linear com o da Fig. 1.

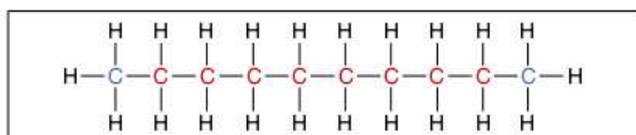


Fig. 1 Fórmula estrutural do decano.

Observando a fórmula desse alcano, é fácil perceber que os carbonos do interior da cadeia (em vermelho) utilizam duas de suas valências para formar a cadeia, restando apenas duas valências para se ligar ao hidrogênio. Sendo assim, o número total de átomos de hidrogênio possível na cadeia é o dobro do de carbonos ($2n$), mais os dois átomos de hidrogênio que devem ser adicionados aos carbonos das extremidades da cadeia (em azul) para completar suas valências, ou seja $2n + 2$.

Na nomenclatura dos alcanos, o infixo será *an*, para indicar ligações simples. O menor alcano existente (Fig. 2) é o gás metano (CH_4).

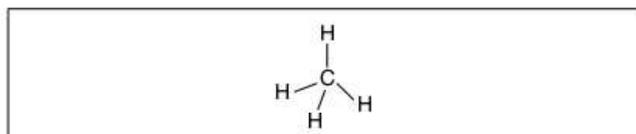
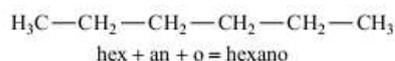
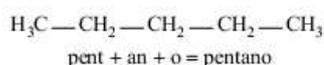
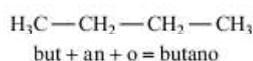
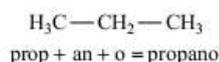


Fig. 2 Fórmula estrutural do metano.

Veja, a seguir, alguns exemplos de alcanos.



Propriedades físicas dos alcanos

Os alcanos são compostos que, normalmente, apresentam baixa densidade (entre $0,55 \text{ g/cm}^3$ e $0,8 \text{ g/cm}^3$ a 20°C) e são insolúveis em água.

Sua temperatura de ebulição aumenta regularmente com o aumento do número de carbonos, devido à magnitude da força dipolo induzido ser proporcional à área de contato entre as moléculas; conseqüentemente, em alcanos lineares, observa-se um aumento de 20°C a 30°C na temperatura de ebulição para cada carbono adicionado na cadeia. Os alcanos não ramificados, em temperatura de 20°C e pressão de 1 atm, com até 4 átomos de carbono, são gasosos, aqueles com 5 a 17 átomos de carbono, são líquidos, e os que têm 18 ou mais átomos de carbono, são sólidos.

A Fig. 3 ilustra uma comparação entre as temperaturas de ebulição e de fusão de alcanos não ramificados com até 20 carbonos.

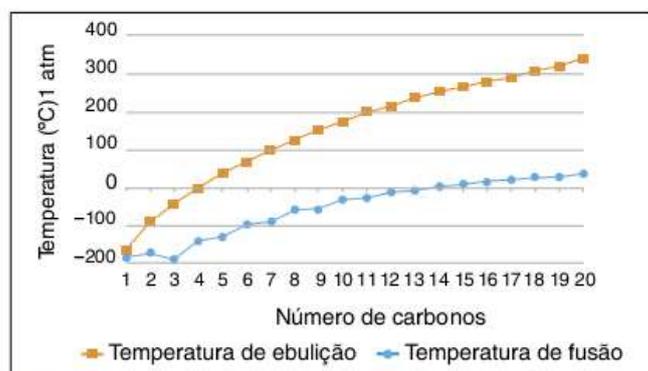


Fig. 3 Variação das temperaturas de fusão e ebulição dos alcanos não ramificados.

Como se pode observar (Fig. 3), a variação da temperatura de fusão, em relação ao aumento do número de carbonos, não é tão regular quanto as temperaturas de ebulição. Isso acontece porque, além das forças atrativas, outras forças, como energia de rede cristalina, estão envolvidas, de forma que o estudo se torna mais complexo.

Alcanos com cadeias ramificadas têm temperaturas de ebulição menores que os de cadeia normal em razão da menor superfície de contato entre as moléculas (Fig. 4).

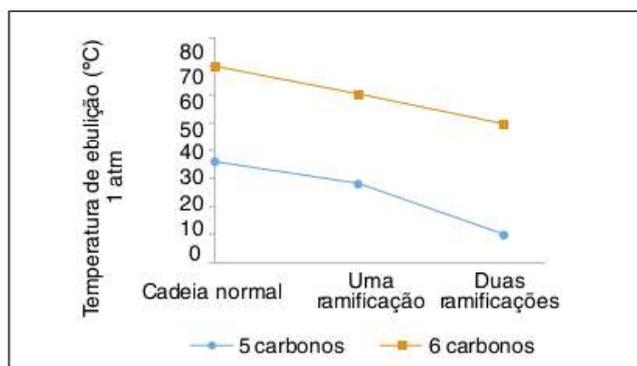


Fig. 4 Variação da temperatura de ebulição em função da ramificação.

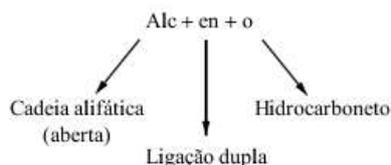
As propriedades físicas dos demais hidrocarbonetos apresentam tendências similares às dos alcanos, por isso esse tópico não será apresentado nas demais subfunções.

Alcenos, alquenos ou olefinas

Alcenos ou alquenos são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **insaturados** que apresentam uma ligação dupla entre carbonos.

O termo **olefinas**, comum na literatura antiga, é derivado do latim *oleum facere*, que significa fazer ou produzir óleo. Esse nome se deve à reação do gás eteno (C_2H_4) com gás cloro (Cl_2), que produz um líquido de aspecto oleoso ($C_2H_4Cl_2$).

O termo **alceno** é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



A fórmula geral dos alcenos é C_nH_{2n} (em que $n \geq 2$), e eles são mais reativos que os alcanos, devido à presença da ligação π (π).

Na nomenclatura dos alcenos, o infixo será *en*, para indicar uma ligação dupla. O menor alceno existente é o gás eteno (Fig. 5), também conhecido como etileno (C_2H_4).

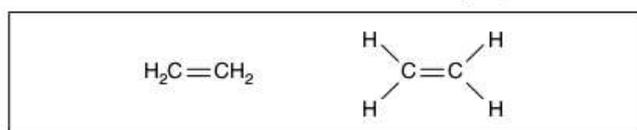
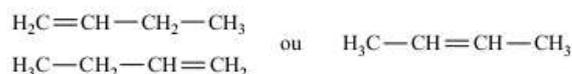


Fig. 5 Fórmula estrutural do eteno ou etileno.

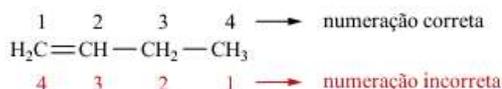
Em cadeias com até três átomos de carbono, como o eteno e o propeno, representado a seguir, não há necessidade de indicar qual é a posição da ligação dupla, pois, nesses casos, ela tem uma única posição possível na cadeia.



Em cadeias maiores, com quatro ou mais átomos de carbono, torna-se necessário indicar a localização da ligação dupla, pois há mais de uma localização possível, originando compostos diferentes. Observe as duas possibilidades existentes para o buteno:

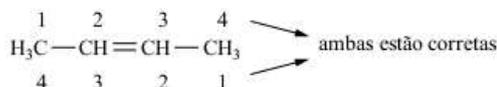


Nesses casos, a diferenciação é feita indicando a posição da ligação dupla por um número. Para tanto, deve-se numerar a cadeia a partir da extremidade mais próxima da ligação dupla, pois o número que indica a instauração deve ser o menor possível. Observe o próximo exemplo:



Assim, podemos notar que esse composto só admite uma numeração, aquela que atribui os números 1 e 2 aos carbonos da ligação dupla. No nome do composto, devemos citar, entre o prefixo e o infixo e separado por hifens, apenas **o menor dos dois números que abrangem a ligação dupla**. Logo, seu nome é But-1-eno.

O outro composto admite qualquer uma das duas numerações, pois, em ambos os casos, os carbonos da ligação dupla ficarão com os números 2 e 3.



Dessa forma, o nome do composto é But-2-eno.

SAIBA MAIS

O eteno ou etileno é um gás insolúvel em água, que se liquefaz a $-104^\circ C$, e, apesar de existir, em baixa concentração, no gás natural, é obtido principalmente do craqueamento dos alcanos de cadeia longa.

Sua principal aplicação é na produção de polietileno, o plástico mais comum. É utilizado em sacolas (de supermercado, congelados), frascos (detergente, xampu), entre outros. O eteno também é produzido por frutos verdes, atuando no seu amadurecimento.

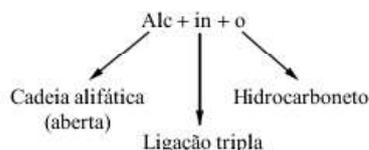


Embalagem de polietileno.

Alcinos ou alquinos

Alcinos ou alquinos são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **insaturados** que apresentam uma ligação tripla entre carbonos e fórmula geral C_nH_{2n-2} (em que $n \geq 2$).

O termo **alcino** é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



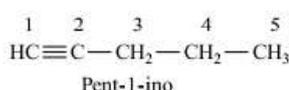
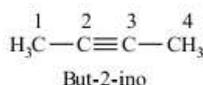
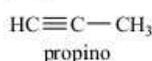
Na nomenclatura desses hidrocarbonetos, o infixo será *in* para indicar uma ligação tripla. O menor alcino que existe é o gás etino (Fig. 6), também conhecido como acetileno (C_2H_2).



Fig. 6 Fórmula estrutural do etino ou acetileno.

Nos alcinos com quatro ou mais carbonos, a nomenclatura deve ser feita de modo semelhante à dos alcenos, ou seja, a numeração é realizada a partir da extremidade mais próxima da ligação tripla.

Veja, a seguir, alguns exemplos de alcinos.



Classificação dos alcinos

Os alcinos recebem uma classificação em relação à presença de hidrogênio no carbono da ligação tripla.

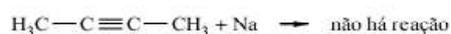
- Alcinos verdadeiros: pelo menos um dos carbonos da ligação tripla tem hidrogênio.



- Alcinos falsos: nenhum dos carbonos da ligação tripla tem hidrogênio.



Os alcinos verdadeiros são mais reativos que os falsos. A diferenciação entre eles é feita utilizando-se a maior acidez do hidrogênio da ligação tripla em comparação aos demais hidrogênios. Por exemplo, um alcino verdadeiro reage com sódio metálico e libera gás hidrogênio, ao passo que um alcino falso não o faz.



SAIBA MAIS

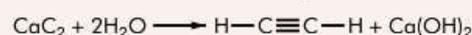
O etino ou acetileno é o alcino de maior importância econômica. É amplamente utilizado na indústria de polímeros, em maçaricos de solda, como material de partida para a síntese de diversos compostos orgânicos e no amadurecimento de frutas.



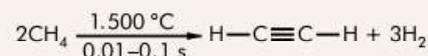
Maçarico de solda.

Industrialmente, pode ser obtido por dois métodos:

- Adição de água ao carbetto de cálcio (CaC_2), que é produzido por aquecimento, a altas temperaturas, do carvão com óxido de cálcio.



- Pirólise do metano a altas temperaturas.



Alcadienos ou dienos

Alcadienos são hidrocarbonetos de **cadeia aberta** (alifáticos) e **insaturados** que têm duas ligações duplas entre carbonos e fórmula geral C_nH_{2n-2} (em que $n \geq 3$).

O termo **alcadieno** é formado pelas mesmas partes da nomenclatura desses compostos.



Na nomenclatura dos alcadienos, o infixo será *dien* para indicar as duas ligações duplas. O menor alcadieno possível é o propadieno, também conhecido como aleno (Fig. 7).

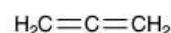
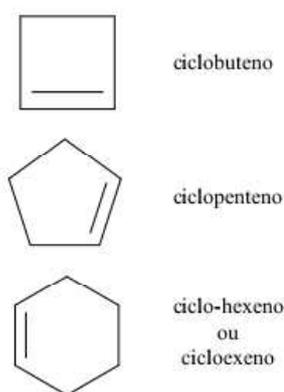


Fig. 7 Fórmula estrutural do propadieno.

Observe que a letra “a” é acrescentada ao final do **prefixo** para que a pronúncia do nome fique mais fácil.

Nos alcadienos com quatro ou mais carbonos, a nomenclatura deve seguir as mesmas regras utilizadas para os outros



Observe que, na nomenclatura dos ciclenos, não é necessário indicar a posição da ligação dupla, pois o composto será o mesmo em qualquer posição em que a instauração seja representada (Fig. 8).

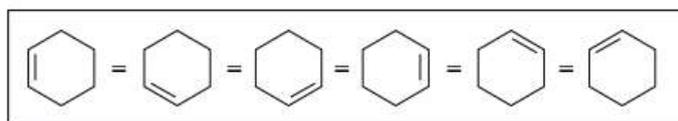


Fig. 8 Diferentes representações do cicloexeno.

Hidrocarbonetos aromáticos

São hidrocarbonetos de cadeia fechada que apresentam pelo menos um anel benzênico ou aromático (fenômeno da ressonância) em sua estrutura. O hidrocarboneto aromático mais simples é o benzeno (Fig. 9), cujo nome é derivado da árvore (*Styrax Benzoin*) que produz uma resina que contém ácido benzoico.

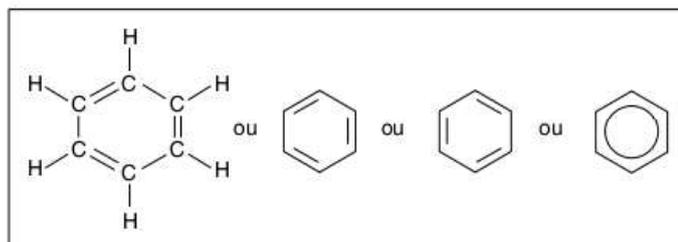
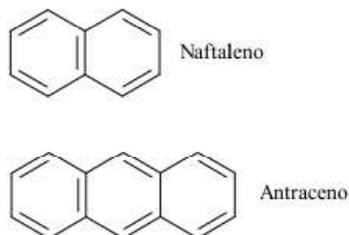


Fig. 9 Fórmula estrutural do benzeno.

Assim como o benzeno, os outros compostos aromáticos têm nomes particulares (não sistemáticos) e não seguem as regras utilizadas na nomenclatura dos demais hidrocarbonetos. Observe, a seguir, alguns hidrocarbonetos aromáticos e seus respectivos nomes.



Grupos substituintes

Os hidrocarbonetos, quando perdem um átomo de hidrogênio, formam radicais livres, conforme representado na Tab. 6.

Hidrocarboneto		Radical
CH_4	perde 1 H →	CH_3-
CH_3-CH_3		CH_3-CH_2-

Tab. 6 Radicais livres derivados de hidrocarbonetos.

Um radical formado a partir de um alcano é denominado radical alquil ou alquila. Se for formado a partir de um aromático, é denominado radical aril ou arila.

Quando esses radicais aparecem substituindo átomos de hidrogênio de um composto orgânico, são chamados grupos substituintes ou ramificações.

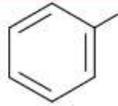
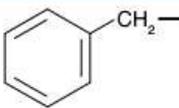
A nomenclatura desses grupos substituintes é dada por um **prefixo**, que indica a quantidade de carbonos, e um **sufixo il** ou **ila**.

A Tab. 7 apresenta os principais grupos substituintes derivados de alcanos.

Quantidade de carbonos	Grupo substituinte	Nome
1	CH_3-	metil
2	CH_3-CH_2-	etil
3	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	propil ou <i>n</i> -propil
	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$	isopropil
4	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	butil ou <i>n</i> -butil
	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	<i>sec</i> -butil
	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_3$	<i>terc</i> -butil
	$\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-$	isobutil

Tab. 7 Nomenclatura dos principais grupos substituintes derivados de alcanos (grupos alquilas).

Os grupos substituintes derivados de alcenos ou hidrocarbonetos aromáticos não seguem, necessariamente, a mesma regra de nomenclatura. Observe, na Tab. 8, a nomenclatura de alguns desses substituintes.

Grupo substituinte	Nome
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-$	etenil ou vinil
	fenil
	benzil

Tab. 8 Nomenclatura de grupos substituintes derivados de alcenos.

Nomenclatura de hidrocarbonetos ramificados

Para dar nome a um composto de cadeia ramificada, deve-se percorrer uma sequência de passos:

1º passo: determinar a cadeia principal.

2º passo: numerar a cadeia principal e nomear o grupo substituinte.

3º passo: construir o nome indicando o nome e a posição dos substituintes e o nome da cadeia principal.

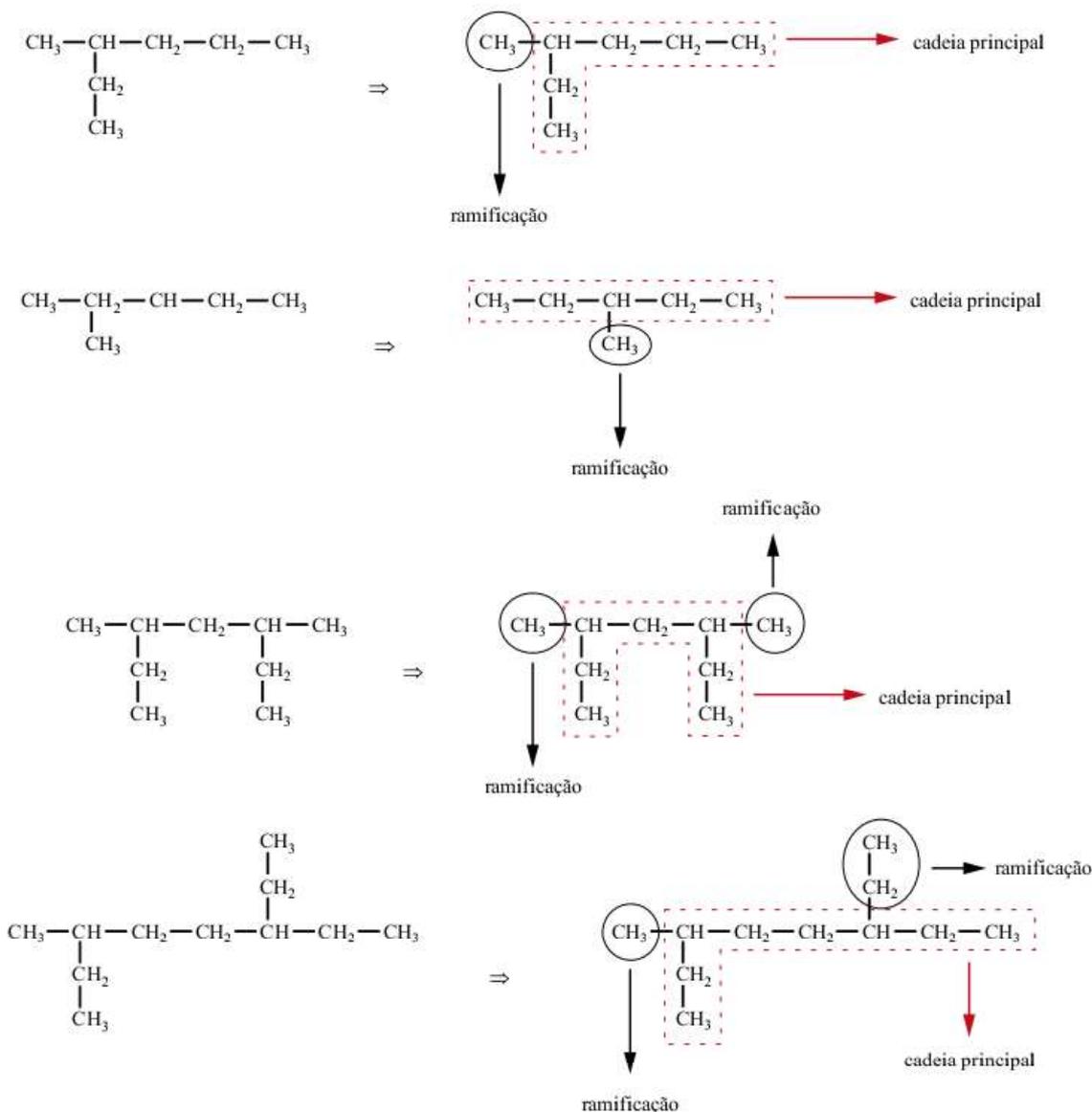
1º Passo: Determinar a cadeia principal

É chamada cadeia principal a maior sequência de carbonos que contenha (se existirem) as insaturações (ligações duplas ou triplas). Se no composto existirem duas ou mais sequências com o mesmo número de carbonos, a cadeia principal será aquela que tiver o maior número de grupos substituintes (ramificações).

Para exemplificar a determinação da cadeia principal, observe alguns exemplos.

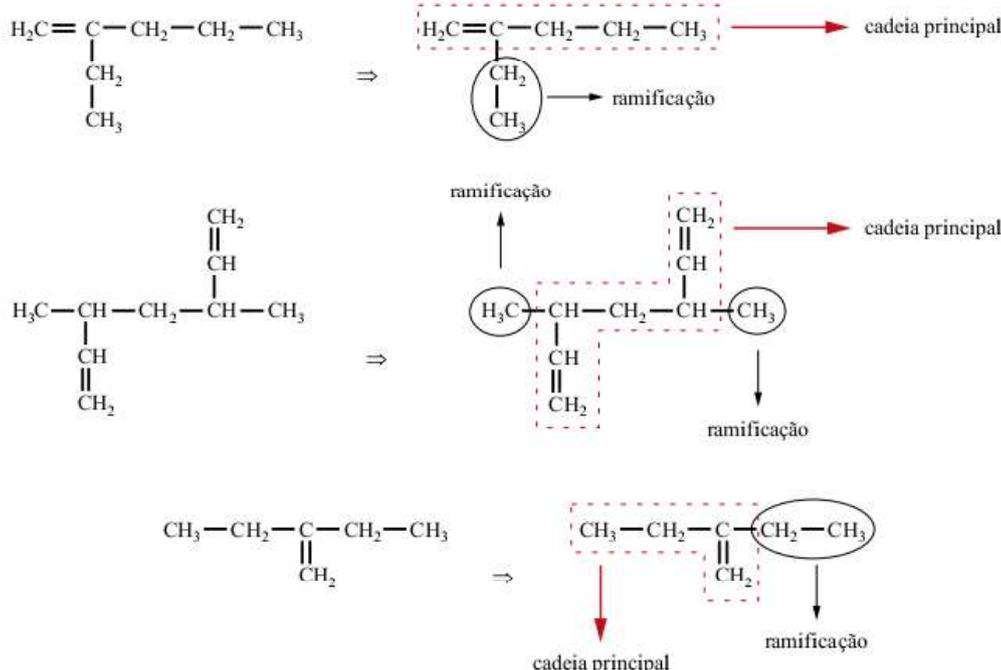
Exemplo 1 – Cadeias saturadas

Para determinar a cadeia principal, basta encontrar a maior sequência de carbonos.



Exemplo 2 – Cadeias insaturadas

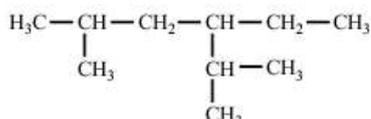
Deve-se escolher a cadeia com o maior número de carbonos que inclua a maior quantidade de insaturações possível.



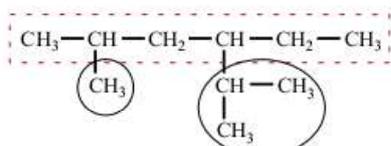
Exemplo 3 – Cadeias com quantidades diferentes de grupos substituintes (ramificações)

Se em um composto existirem duas ou mais possibilidades para a cadeia principal, e a diferença entre elas for apenas o número de grupos substituintes, deve-se escolher aquela com o maior número desses grupos.

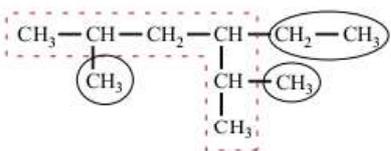
Observe o composto a seguir:



Existem duas possibilidades de cadeia principal para ele. Em ambas, a cadeia principal tem seis carbonos.



cadeia com 6 carbonos e 2 ramificações



cadeia com 6 carbonos e 3 ramificações

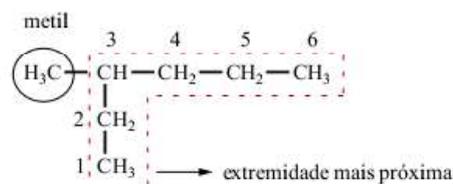
Nesse caso, a cadeia principal correta é a que tem três grupos substituintes (ramificações).

2º passo: Numerar a cadeia principal e nomear o grupo substituinte

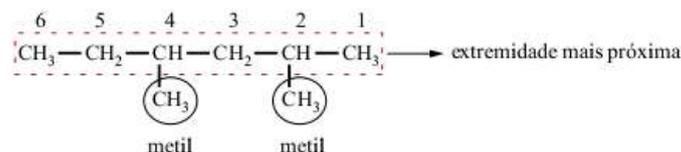
Neste passo, devemos atribuir um número para cada carbono da cadeia principal, de modo a obter uma localização para as insaturações e para os grupos substituintes.

Exemplo 1 – Cadeias saturadas

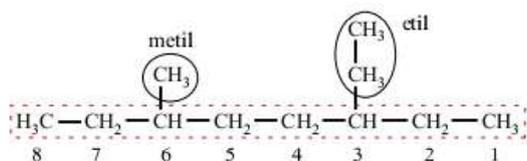
Em cadeias saturadas, devemos iniciar a numeração pela extremidade mais próxima da ramificação.



Quando houver dois ou mais grupos substituintes, devemos numerar a cadeia de modo a obter os menores números possíveis para as ramificações.

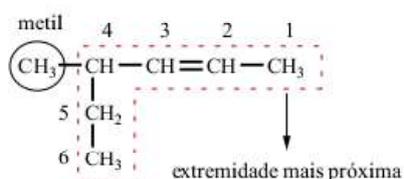
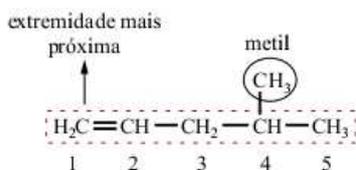


Se houver substituintes diferentes em posições equivalentes da cadeia, o menor número deve ser atribuído conforme a ordem alfabética dos nomes dos grupos substituintes.



Exemplo 2 – Cadeias insaturadas

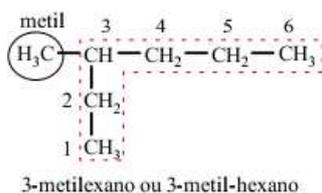
Em cadeias insaturadas, devemos numerar a cadeia pela extremidade mais próxima da instauração.



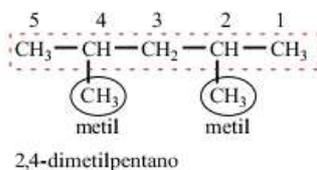
3º passo: Construir o nome, indicando o nome e a posição dos substituintes e o nome da cadeia principal

As ramificações devem ser indicadas antes do nome da cadeia principal e precedidas pelo número que corresponde a sua posição na cadeia principal. Os números que indicam as posições devem ser separados dos nomes por hífen.

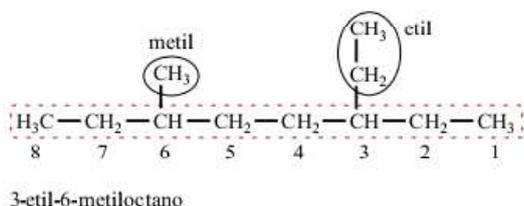
Exemplo 1 – Cadeias saturadas



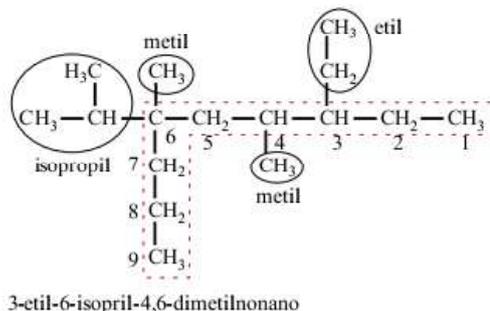
Quando o composto apresentar duas ou mais ramificações iguais, deve-se utilizar prefixo multiplicador (di, tri, tetra, penta etc.), para indicar a quantidade e os números devem ser separados por vírgula.



Se o composto apresentar duas ou mais ramificações diferentes, seus nomes devem ser citados em ordem alfabética.

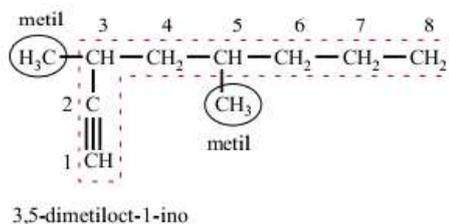
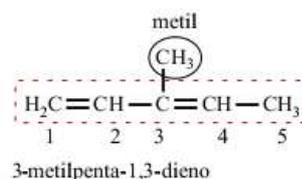
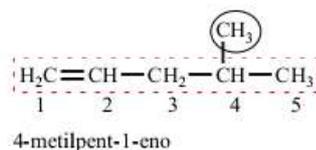


Os prefixos multiplicadores (di, tri, tetra etc.) não participam da ordem alfabética.



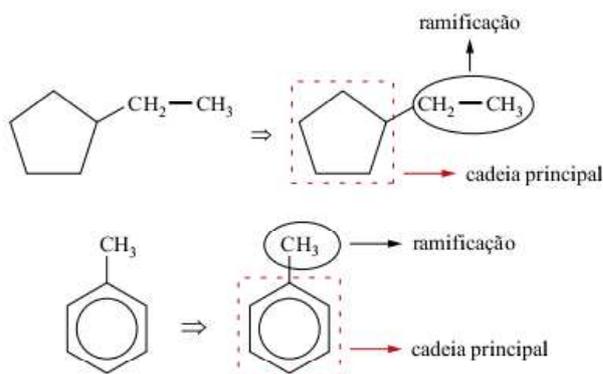
Exemplo 2 – Cadeias insaturadas

Neste caso, além de indicar a posição da ramificação, é necessário indicar a posição da instauração.

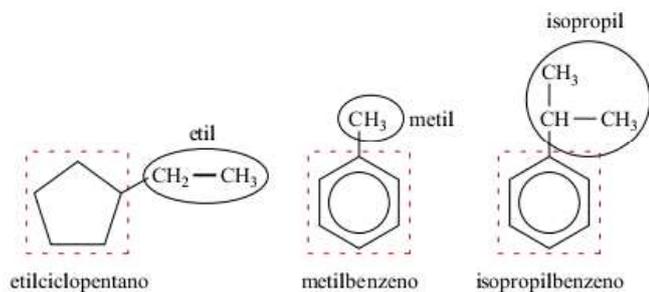


Nomenclatura de hidrocarbonetos de cadeia mista

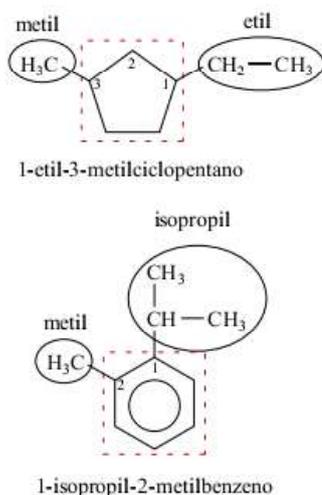
Nos hidrocarbonetos de cadeia mista (aberta e fechada), o ciclo ou anel é considerado a cadeia principal.



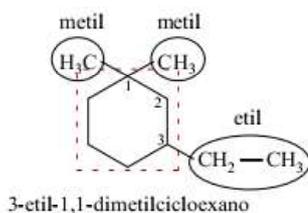
Em ciclos com apenas um grupo substituinte, não há necessidade de indicar a posição da ramificação. Devemos apenas citar seu nome, seguido do nome da cadeia principal.



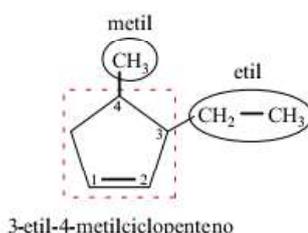
Quando houver dois substituintes diferentes, devemos numerar a cadeia respeitando a ordem alfabética dos nomes das ramificações.



Se houver três ou mais grupos substituintes, a numeração deve ser realizada de modo a obter os menores números possíveis.

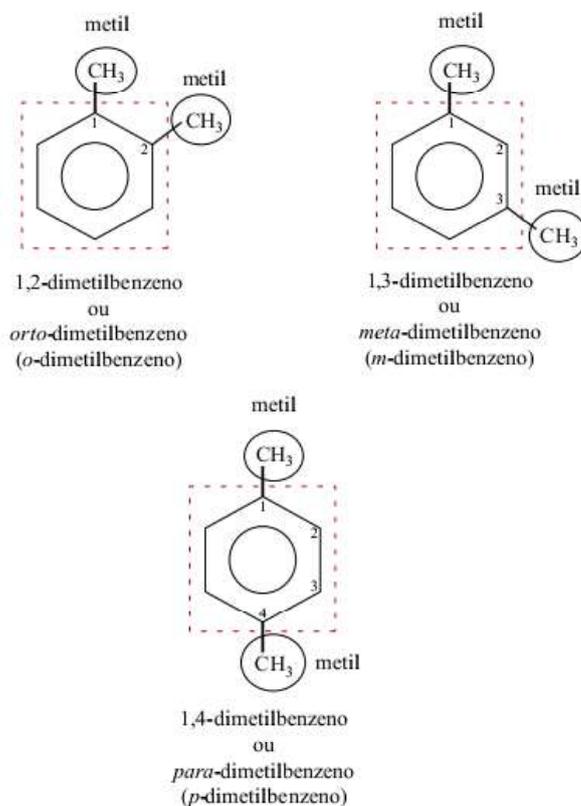


No caso de cicloalcenos ramificados, a numeração deve começar por um dos carbonos da ligação dupla, de modo que ela esteja localizada entre os carbonos 1 e 2 e as ramificações tenham os menores números possíveis.



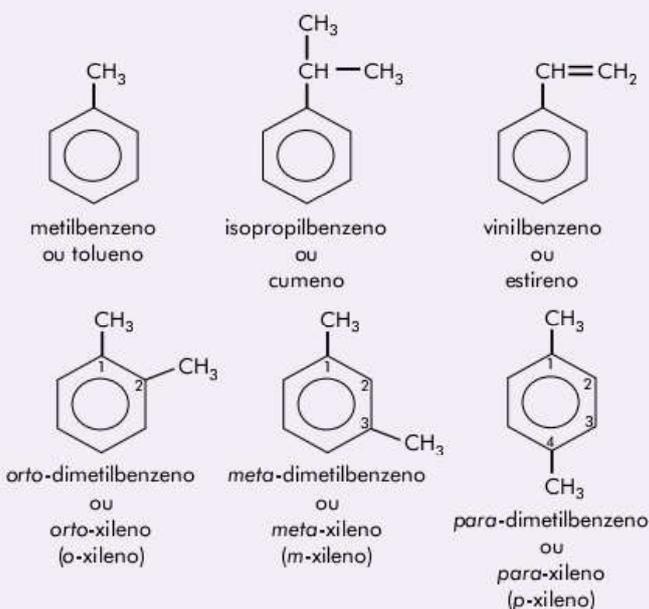
Os prefixos *orto*, *meta* e *para*

Quando o benzeno apresentar dois grupos substituintes ligados ao anel, pode-se utilizar os prefixos *orto* (para indicar as posições 1 e 2), *meta* (para indicar as posições 1 e 3) e *para* (para indicar as posições 1 e 4).



ATENÇÃO!

Alguns hidrocarbonetos aromáticos têm nomes não sistemáticos (triviais) aceitos pela Iupac. Seguem alguns compostos aromáticos com suas respectivas nomenclaturas:

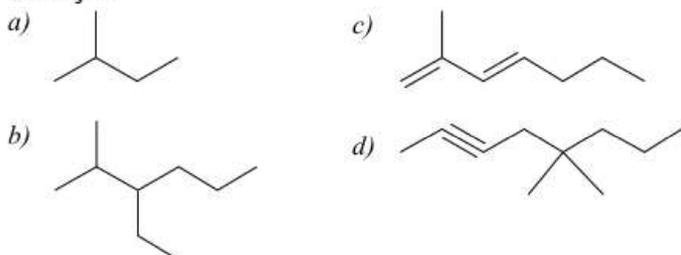


Exercício resolvido

2 Escreva as fórmulas estruturais em bastão dos seguintes compostos.

- (a) metilbutano (c) hepta-1,3-dieno
 (b) 3-etil-2-metilexano (d) 5,5-dimetiloct-2-ino

Resolução:



Haleto orgânico

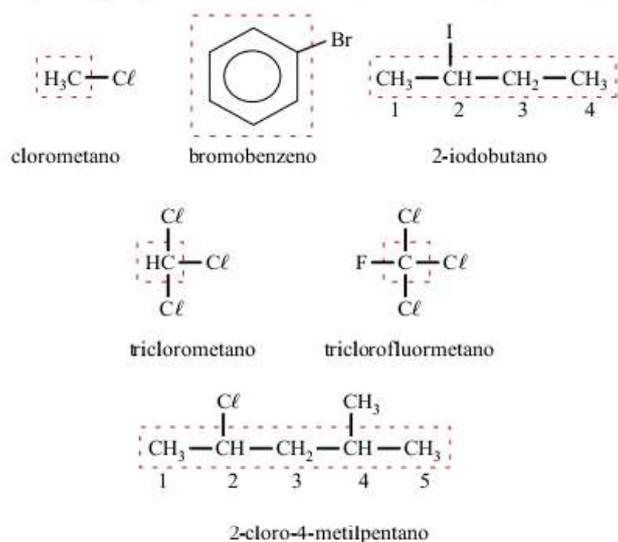
São compostos que têm pelo menos um átomo de halogênio (F, Cl, Br ou I) ligado ao carbono. São formados, na sua maioria, pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um hidrocarboneto por um ou mais átomos de halogênio.

A fórmula geral dos haleto orgânicos pode ser representada por $R - X$, sendo $X = F, Cl, Br$ ou I .

Os compostos halogenados podem ser nomeados de acordo com dois sistemas de nomenclatura da Iupac: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

Nomenclatura substitutiva

A cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contenha o carbono ligado ao halogênio, e o sufixo utilizado é **o**. Os nomes dos compostos são formados citando-se o **nome do halogênio (flúor, cloro, bromo ou iodo) seguido do nome da cadeia principal (prefixo + infix + o)**. Observe alguns exemplos:

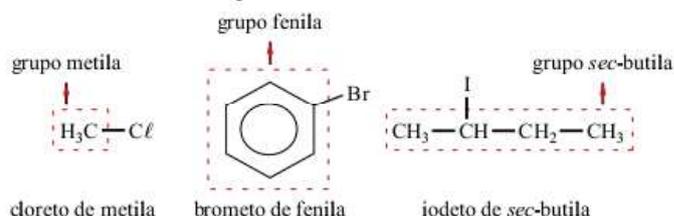


Nomenclatura de classe funcional

Os nomes dos compostos são formados pelos prefixos fluoreto, cloreto, brometo ou iodeto, seguidos da preposição *de* e do nome do grupo substituinte.

fluoreto, cloreto, brometo ou iodeto de
 +
 nome do grupo orgânico substituinte com sufixo *ila*

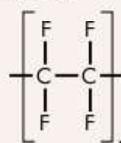
Observe os exemplos:



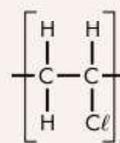
SAIBA MAIS

Alguns haleto orgânicos são utilizados como solventes industriais, por exemplo, o triclorometano (clorofórmio) e o tetracloreto de carbono (CCl_4). Outros, como os clorofluorcarbonos (CFC), o freon-11 e o freon-12, foram utilizados como líquidos refrigerantes em aparelhos de ar-condicionado e refrigeradores e também como propelentes em aerossóis.

Existem também dois polímeros halogenados, o politetrafluoretileno (teflon) e o policloreto de vinila (PVC), utilizados em revestimento de painéis e frigideiras antiaderentes e na fabricação de tubos rígidos de água e esgoto, respectivamente.



Politetrafluoretileno
(Teflon)



Policloreto de vinila
(PVC)

Propriedades físicas dos haleto orgânicos

Como os halogênios são mais eletronegativos que o carbono, a ligação halogênio-carbono (Fig. 10) é **covalente polar**.

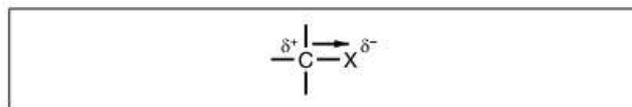


Fig. 10 Vetor momento dipolar da ligação halogênio-carbono.

Em virtude da polaridade dos haleto orgânicos e da maior massa dos halogênios em relação ao carbono, a temperatura de ebulição e a densidade dos haleto orgânicos são maiores que as dos alcanos de massa molecular próxima. Essas substâncias **não formam ligações de hidrogênio com a água**, e sua solubilidade nesse líquido é muito baixa. O haleto orgânico mais solúvel é o brometo de etila, que apresenta solubilidade igual a 1,5 g/100 mL de água a 20 °C.

Álcool

Os álcoois são compostos orgânicos que possuem o grupo hidroxila ($-OH$) ligado a um carbono saturado (Fig. 11).

A fórmula geral dos álcoois pode ser representada por $R-OH$, sendo R um carbono saturado.

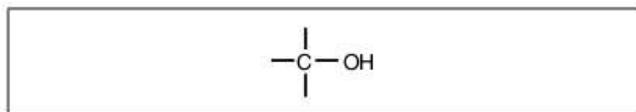


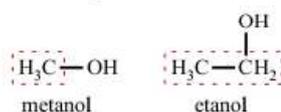
Fig. 11 Grupo funcional dos álcoois.

Esses compostos podem ser nomeados de acordo com dois sistemas de nomenclatura da Iupac: a nomenclatura *substituti-va* e a nomenclatura de *classe funcional*.

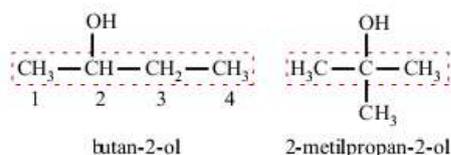
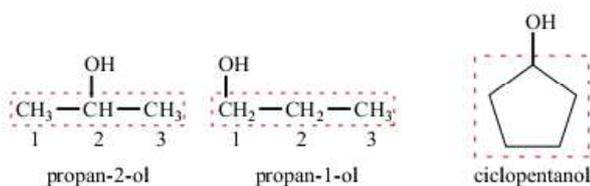
• Nomenclatura substitutiva

A cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contenha o carbono ligado à hidroxila, e o sufixo utilizado é **ol**. Dessa forma, os nomes dos álcoois são dados por **prefixo + infixo + ol**.

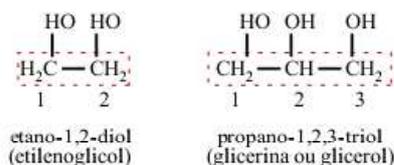
Observe alguns exemplos:



Em álcoois com três ou mais carbonos na cadeia, é necessário indicar com um número a posição do grupo OH, pois há mais de uma possibilidade para essa posição. Portanto, deve-se iniciar a numeração pela extremidade mais próxima do grupo funcional ($-OH$).



No caso dos álcoois que apresentam duas ou mais hidroxilas, essa quantidade é indicada pela utilização dos prefixos multiplicadores (di, tri, tetra etc.) antes do sufixo.

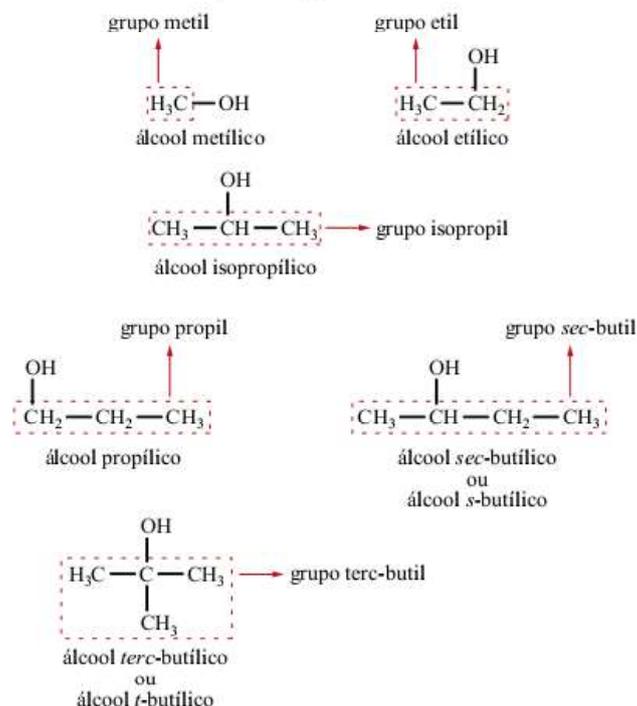


• Nomenclatura de classe funcional

O nome do composto é formado pela palavra **álcool**, seguida do nome do grupo orgânico substituinte ligado ao grupo

$-OH$, acrescido do final *ico*. Portanto, **álcool + nome do grupo substituinte + ico**.

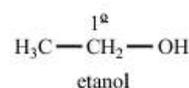
Observe os exemplos a seguir:



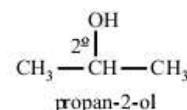
Classificação dos álcoois

Os álcoois podem ser classificados quanto ao tipo de carbono em que a hidroxila está ligada.

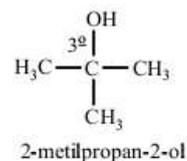
- Álcool primário: hidroxila está ligada em carbono primário.



- Álcool secundário: hidroxila está ligada em carbono secundário.



- Álcool terciário: hidroxila está ligada em carbono terciário.



Propriedades físicas dos álcoois

Os álcoois de cadeia carbônica pequena são líquidos incolores com cheiro característico e boa solubilidade em água. Com o aumento da cadeia carbônica, sua solubilidade diminui,

em razão do aumento da parte hidrofóbica da molécula, e as temperaturas de fusão e de ebulição aumentam, em consequência do aumento da massa molecular dessas substâncias. Essas características são observadas em virtude da formação de ligações de hidrogênio intermoleculares.

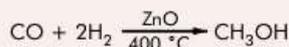
A Tab. 9 apresenta a temperatura de ebulição (T.E.) e a solubilidade dos cinco primeiros membros da série homóloga dos álcoois primários de cadeia normal.

Nome	Fórmula	T.E. (°C) 1 atm	Solubilidade (g/100 g H ₂ O)
Metanol	CH ₃ OH	64,5	∞
Etanol	CH ₃ CH ₂ OH	78,3	∞
Propano-1-ol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	97	∞
Butano-1-ol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	118	7,9
Pentano-1-ol	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	138	2,3

Tab. 9 Temperatura de ebulição e solubilidade de álcoois primários de cadeia normal.

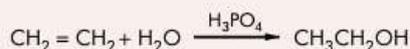
SAIBA MAIS

Metanol e etanol são os álcoois mais importantes do ponto de vista industrial, preparados em grande escala. Antes do desenvolvimento da indústria química moderna, o metanol era preparado por aquecimento da madeira, na ausência de ar, motivo pelo qual era conhecido como álcool ou espírito da madeira. Atualmente, esse álcool é produzido em escala industrial por meio da redução catalítica do monóxido de carbono.

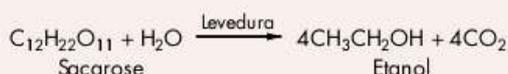


A inalação de vapores de metanol pode causar náuseas, câimbras, vômito, irritação das mucosas e distúrbios digestivos. Quando ingerido, esse álcool causa danos no sistema nervoso central, particularmente no nervo óptico, resultando em cegueira temporária ou permanente. Causa também injúria nos rins, fígado, coração e outros órgãos, podendo resultar em morte.

Parte do etanol é produzida por hidratação do etileno, utilizando-se ácido fosfórico como catalisador.



No Brasil, a maior parte do etanol é resultante da fermentação de carboidratos, particularmente a sacarose obtida da cana-de-açúcar.



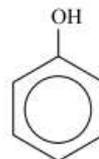
Nos Estados Unidos, até a década de 1930, o etanol era obtido por fermentação de açúcares. Esse processo foi substituído pela hidratação do etileno, e, nos últimos anos, a fermentação de milho passou a ser utilizada, contribuindo para mais de 90% da produção desse álcool.

BARBOSA, L. C. de A. *Introdução à química orgânica*. 2. ed. Editora Pearson, 2012. p. 186.

Fenol

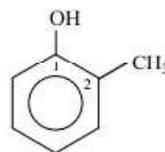
Fenóis são compostos que apresentam uma ou mais hidroxilas (–OH) ligadas diretamente a um anel aromático. Sua fórmula geral pode ser representada por **Ar–OH**.

De acordo com a Iupac, o fenol mais simples é conhecido como **benzenol** ou **fenol**.

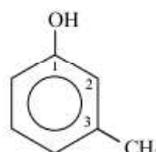


benzenol ou fenol

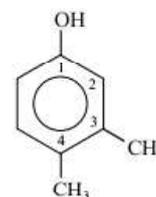
No caso de fenóis ramificados, a numeração deve iniciar no carbono da hidroxila e seguir de modo que as ramificações apresentem os menores números possíveis.



2-metilbenzenol
orto-metilbenzenol
ou
orto-cresol
(o-cresol)



3-metilbenzenol
meta-metilbenzenol
ou
meta-cresol
(m-cresol)



4-metilbenzenol
para-metilbenzenol
ou para-cresol
(p-cresol)

SAIBA MAIS

O fenol era conhecido antigamente por ácido fênico, em razão de sua capacidade de se ionizar parcialmente em solução aquosa e torná-la levemente ácida. Na presença de solução diluída de hidróxido de sódio (NaOH), forma o íon fenóxido. Sua principal aplicação é como agente bactericida, por isso foi, por muito tempo, utilizado como desinfetante de materiais cirúrgicos, mas foi substituído em virtude de seus efeitos tóxicos.

A mistura dos compostos o-cresol, m-cresol e p-cresol é disponibilizada no mercado sob o nome de creolina (desinfetante industrial). O benzeno-1,3-diol, também conhecido como resorcinol, entra na composição de vários desinfetantes domésticos.

Propriedades físicas dos fenóis

Em razão da presença de hidroxila (que pode realizar ligação de hidrogênio intermolecular) e de, no mínimo, seis átomos de carbono por molécula, os fenóis apresentam elevadas temperaturas de ebulição e são parcialmente solúveis em água.

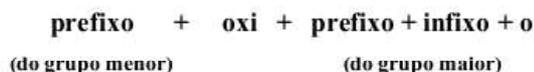
Éter

Os éteres são compostos que apresentam pelo menos um átomo de oxigênio entre carbonos, ou seja, ligado a dois grupos orgânicos. A fórmula geral dos éteres pode ser representada por **R–O–R'**.

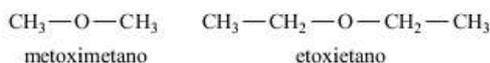
Esses compostos também podem ser nomeados de acordo com dois sistemas de nomenclatura da Iupac: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

Nomenclatura substitutiva

O nome do composto deve seguir o esquema:



Observe alguns exemplos:



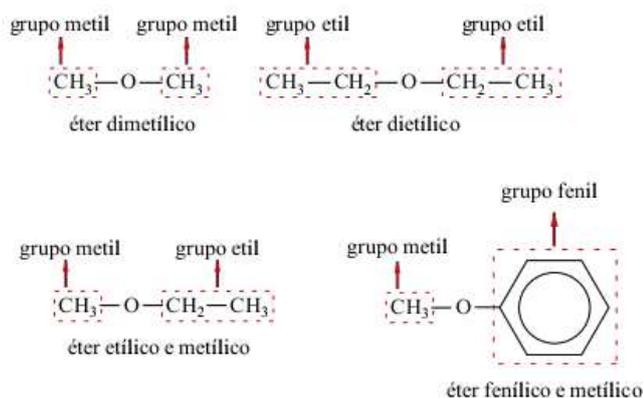
Nomenclatura de classe funcional

O nome do composto é formado pela palavra **éter**, seguida dos nomes dos grupos orgânicos substituintes ligados ao oxigênio e acrescidos do final *ico*.

Éter + nome do grupo + ico + e + nome do grupo + ico

Se os grupos substituintes ligados ao oxigênio forem diferentes, devem ser citados em ordem alfabética. Se forem iguais, devemos citar apenas um nome precedido do prefixo multiplicador *di*.

Observe os exemplos a seguir:



ATENÇÃO!

O etoxietano ou éter dietílico é o éter mais comum, também conhecido como éter sulfúrico (em virtude do seu método de obtenção), éter etílico ou simplesmente éter comum.

Propriedades físicas dos éteres

Em razão da geometria angular do átomo de oxigênio, os éteres são compostos fracamente polares. O dipolo dos éteres é

tão baixo que sua temperatura de ebulição é ligeiramente maior que a dos alcanos e bem inferior à dos álcoois, de massa molecular semelhante.

Já a solubilidade dos éteres em água é comparável à dos álcoois de mesma massa molecular, já que os éteres podem formar ligações de hidrogênio com a água (Fig. 12).

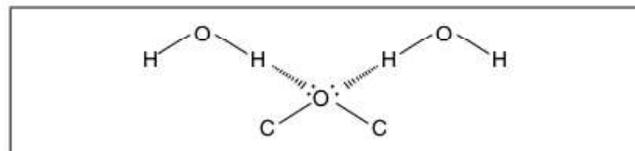


Fig. 12 Ligações de hidrogênio entre éter e água.

Aldeído

São compostos que apresentam o grupo carbonila $\left(\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \diagup \text{O} \end{matrix} \right)$ na extremidade da cadeia, ou seja, apresentam ao menos um átomo de hidrogênio ligado ao grupo. Sua fórmula geral pode ser representada conforme a Fig. 13:

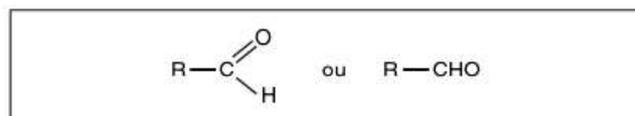
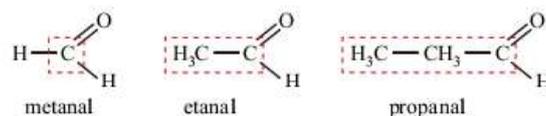


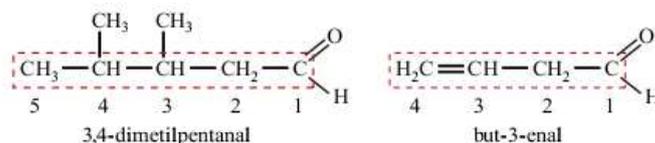
Fig. 13 Grupo funcional dos aldeídos.

Na nomenclatura substitutiva de um aldeído, a cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contém o grupo carbonila, e o sufixo utilizado é **al**.

Dessa forma, os nomes dos aldeídos são dados por **prefixo + infixo + al**. Observe alguns exemplos:

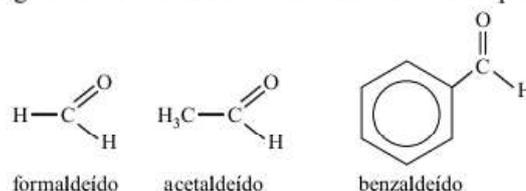


Em aldeídos ramificados ou insaturados, deve-se iniciar a numeração da cadeia principal pelo carbono da carbonila. Como o grupo funcional dos aldeídos está sempre na extremidade da cadeia, esse carbono será sempre o número 1.



Nomenclatura trivial dos aldeídos

Alguns aldeídos recebem nomes triviais aceitos pela Iupac.



ATENÇÃO!

Aldeídos, quando oxidados, produzem ácidos carboxílicos, de acordo com a reação genérica representada a seguir:



Por esse motivo, alguns aldeídos recebem o nome trivial do ácido carboxílico, que podem se formar em uma reação de oxidação. No entanto, esses nomes não são reconhecidos pela Iupac.

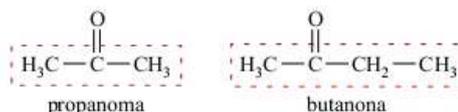


Cetonas podem ser nomeadas de acordo com dois sistemas de nomenclatura da Iupac: a nomenclatura *substitutiva* e a nomenclatura de *classe funcional*.

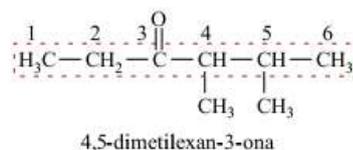
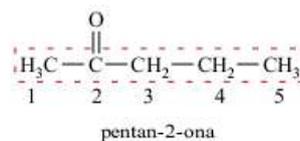
Nomenclatura substitutiva

A cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contenha o carbono da carbonila, e o sufixo utilizado é **ona**. Portanto, o nome das cetonas é dado por **prefixo + infixo + ona**.

Observe alguns exemplos:



Em cetonas com cinco ou mais carbonos na cadeia, é necessário que a posição da carbonila seja indicada numerando-se a cadeia. Nesses casos, a numeração deve começar pela extremidade mais próxima do grupo funcional (carbonila), conforme exemplos a seguir.



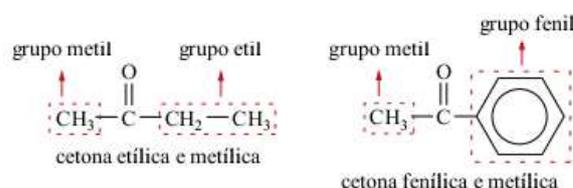
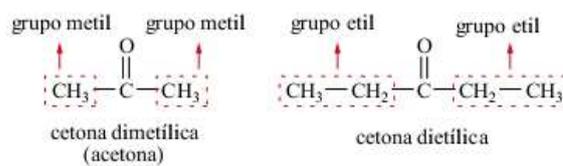
Nomenclatura de classe funcional

O nome do composto é formado pela palavra **cetona**, seguida dos nomes dos grupos orgânicos substituintes ligados à carbonila acrescidos do final *ica*.

cetona + nome do grupo + ica e nome do grupo + ica

Se os grupos substituintes que estão ligados na carbonila forem diferentes, devem ser citados em ordem alfabética. Se forem iguais, devemos citar apenas um nome precedido do prefixo multiplicador *di*.

Observe os exemplos a seguir:



Propriedades físicas dos aldeídos

Em razão da polaridade do grupo carbonila, os aldeídos apresentam temperatura de ebulição maior que a dos hidrocarbonetos de massa molecular semelhante. Entretanto, como não realizam ligações de hidrogênio entre suas moléculas, sua temperatura de ebulição é menor que a dos álcoois de massa molecular semelhante. No entanto, a solubilidade dos aldeídos em água é semelhante à dos álcoois e éteres, pois o grupo carbonila pode formar ligações de hidrogênio com a água.

Cetona

As cetonas apresentam o grupo carbonila ($\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---C} \\ \diagup \text{O} \end{array}$) localizado entre carbonos. A fórmula geral das cetonas pode ser representada conforme a Fig. 14:

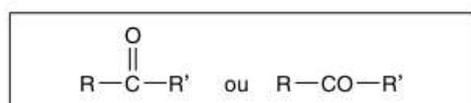


Fig. 14 Grupo funcional das cetonas.

Propriedades físicas das cetonas

Assim como os aldeídos, as cetonas apresentam o grupo carbonila que é polar. Dessa forma, sua temperatura de ebulição é maior que a dos hidrocarbonetos de massa molecular próxima. No entanto, como não realizam ligações de hidrogênio entre suas moléculas, têm temperatura de ebulição menor que a dos álcoois de massa molecular próxima. Já a solubilidade das cetonas em água é semelhante à dos álcoois e éteres, pois o grupo carbonila pode formar ligações de hidrogênio com a água.

SAIBA MAIS

A propanona, mais conhecida como acetona, é a principal cetona. Trata-se de um líquido incolor e solúvel em água e em solventes orgânicos. Utilizada na indústria como solvente de tintas, vernizes e esmaltes, bem como na fabricação de medicamentos e na extração de óleos de sementes vegetais. Em ambientes domésticos, a acetona é usada na remoção de tintas e esmaltes.



Uso da acetona como removedor de esmaltes.

Sua produção industrial é realizada pela hidratação do propeno ou pela oxidação do isopropilbenzeno (cumeno).

Em nosso organismo, a propanona é produzida pela decomposição incompleta das gorduras. A concentração normal de acetona no sangue é de 1 mg/mL. Doenças metabólicas como o diabetes melito tipos 1 e 2 podem levar a um aumento da concentração de acetona no sangue.

Ácidos carboxílicos

São compostos que apresentam o grupo carboxila em sua estrutura (Fig. 15).

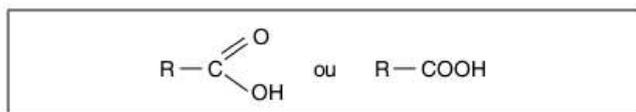
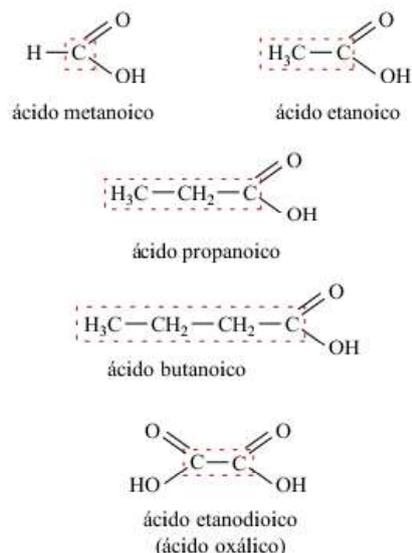


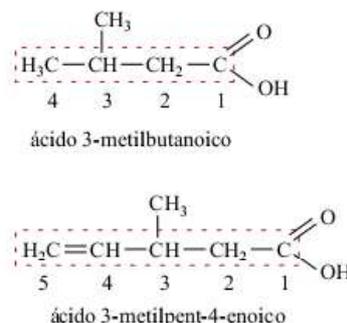
Fig. 15 Grupo funcional dos ácidos carboxílicos.

Na nomenclatura substitutiva de um ácido carboxílico, a cadeia principal é a maior sequência de carbonos que contém o grupo carboxila, e o sufixo utilizado é **oico**. Dessa forma, o nome de um ácido carboxílico é dado por **ácido + prefixo + infixo + oico**.

Observe alguns exemplos:

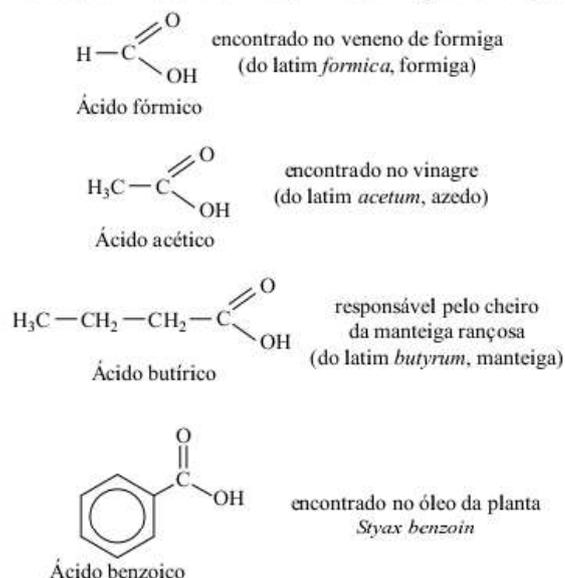


Em ácidos carboxílicos ramificados ou insaturados, deve-se iniciar a numeração da cadeia principal pelo carbono da carboxila. Como o grupo funcional está sempre na extremidade da cadeia, esse carbono será sempre o número 1.



• Nomenclatura trivial dos ácidos carboxílicos

Os ácidos carboxílicos são conhecidos de longa data, por isso têm nomes triviais mais relacionados com sua proveniência do que com as respectivas estruturas químicas. Alguns exemplos são:

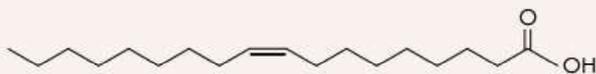


SAIBA MAIS

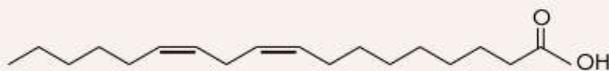
Ácidos graxos são ácidos monocarboxílicos de cadeia longa utilizados pelos seres vivos na síntese de triacilgliceróis (lipídios e gorduras). Os ácidos graxos podem ser classificados em saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.



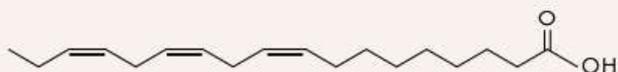
Ácido hexadecanoico (ácido palmítico) saturado



Ácido octadec-9-enoico (ácido oleico) monoinsaturado



Ácido octadeca-9,12-dienoico (ácido linoleico ou ômega-6) poli-insaturado



Ácido octadeca-9,12,15-trienoico (ácido linolênico ou ômega 3) poli-insaturado

Os ácidos graxos ômega-3 e ômega-6 são essenciais para os animais e devem ser ingeridos na alimentação. A utilização desses ácidos pelo organismo se dá não pela ingestão do ácido carboxílico livre, mas, sim, de óleos ou gorduras que contêm esses ácidos na sua composição.

Propriedades físicas dos ácidos carboxílicos

Ácidos carboxílicos são substâncias polares, e suas moléculas podem formar ligações de hidrogênio fortes entre si (Fig. 16) e com moléculas de água.

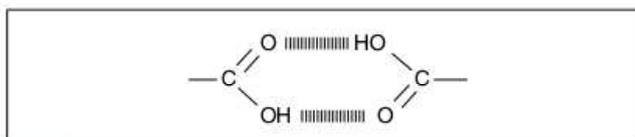


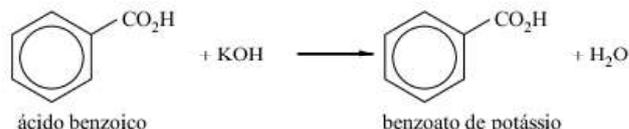
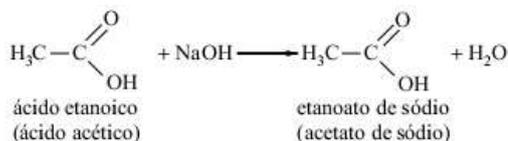
Fig. 16 Ligações de hidrogênio entre moléculas de ácido carboxílico.

Como resultado, esses ácidos apresentam temperaturas de ebulição maiores que as dos álcoois de massa molecular semelhante e, os de cadeia pequena, alta solubilidade em água. A solubilidade decresce à medida que o tamanho da cadeia aumenta.

Sal de ácido carboxílico

A reação de um ácido carboxílico com uma base formará um sal de ácido carboxílico. A nomenclatura desses compostos segue a mesma regra da nomenclatura de sais inorgânicos, ou seja, troca-se o sufixo **-ico** do nome do ácido pelo sufixo **-ato**.

Observe os exemplos a seguir:



Éster orgânico

Ésteres orgânicos ou ésteres de ácido carboxílico são compostos que apresentam o grupo funcional conforme a Fig. 17, em que R pode ser um hidrogênio, um grupo alifático ou aromático e R', um grupo aromático ou alifático.

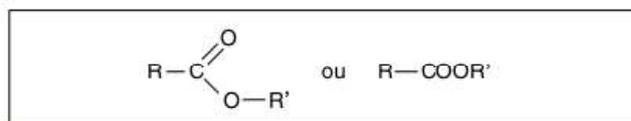


Fig. 17 Grupo funcional dos ésteres.

Os ésteres de ácido carboxílico podem ser obtidos pela reação de esterificação, que é a substituição da hidroxila do ácido carboxílico por um grupo alcóxido de um álcool, como mostra a Fig. 18.

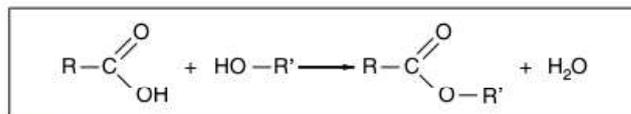
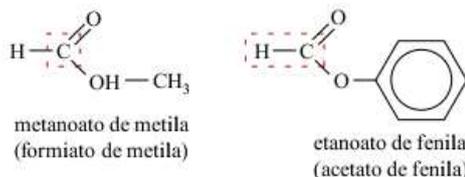


Fig. 18 Reação de esterificação.

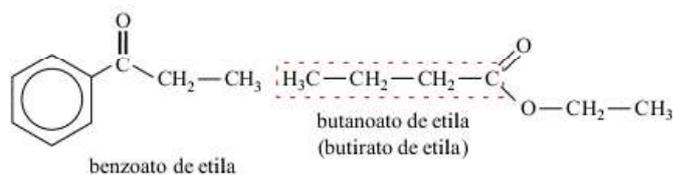
A nomenclatura substitutiva de um éster pode ser obtida substituindo o sufixo **-ico** do nome do ácido de origem pelo sufixo **-ato** e acrescentando a preposição *de* seguida do nome do grupo orgânico (com sufixo **-ila**) que substituiu a hidroxila. Dessa forma, o nome de um éster é dado por **prefixo + infixo + oato de + nome do grupo orgânico (com sufixo -ila)**.

Observe os exemplos a seguir:



metanoato de metila (formiato de metila)

etanoato de fenila (acetato de fenila)

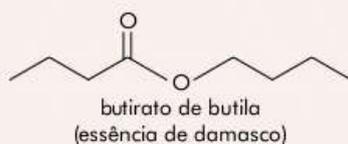
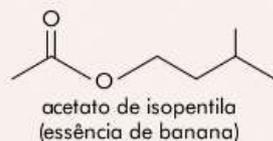
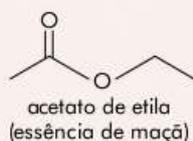


benzoato de etila

butanoato de etila (butirato de etila)

SAIBA MAIS

Os ésteres de ácido carboxílico têm aromas agradáveis. Muitos deles lembram aroma de frutas, por isso são utilizados na indústria de alimentos como flavorizantes artificiais.



Propriedades físicas dos ésteres

Os ésteres de ácidos carboxílicos são compostos polares, mas, como não têm **átomo de hidrogênio ligado ao oxigênio, não realizam ligações de hidrogênio entre suas moléculas**. Portanto, os ésteres apresentam temperaturas de ebulição semelhantes à dos aldeídos e cetonas e menores que a dos álcoois e ácidos carboxílicos de massa molecular próxima, conforme a Tab. 10.

Nome	Fórmula	T.E. (°C) 1 atm	Solubilidade (g/100g H ₂ O)
Metanoato de metila (formiato de metila)		32,5	Muito solúvel
Metanoato de etila (formiato de etila)		54	Solúvel
Etanoato de metila (acetato de metila)		57	54,4
Etanoato de etila (acetato de etila)		77	7,4
Etanoato de propila (acetato de propila)		102	1,89
Propanoato de etila (propionato de etila)		99	1,75
Butanoato de etila (butirato de etila)		120	0,5

Tab. 10 Propriedades físicas dos ésteres.

Amina

São compostos orgânicos com um, dois ou três grupos orgânicos (alquila ou arila) ligados ao átomo de nitrogênio. Aminas podem ser obtidas pela substituição de um ou mais átomos

de hidrogênio da amônia (NH₃) por grupos orgânicos. O grupo funcional das aminas pode ser representado conforme a Fig. 19.

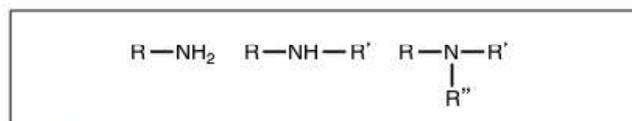


Fig. 19 Grupo funcional das aminas.

Classificação das aminas

As aminas podem ser classificadas quanto ao número de grupos orgânicos ligados ao nitrogênio.

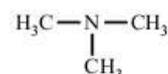
- Amina primária: apresenta apenas um grupo orgânico ligado ao nitrogênio.



- Amina secundária: apresenta dois grupos orgânicos ligados ao nitrogênio.



- Amina terciária: apresenta três grupos orgânicos ligados ao nitrogênio.



Se apenas grupos alquila estiverem ligados ao nitrogênio, as aminas são denominadas aminas alifáticas. Se o nitrogênio estiver ligado diretamente a pelo menos um grupo arila, a amina será denominada aromática (Fig. 20).

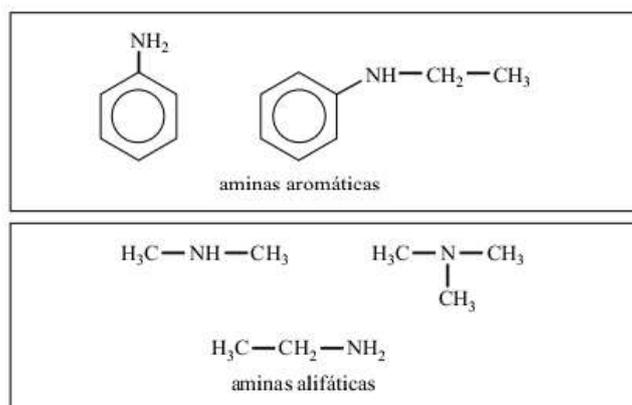
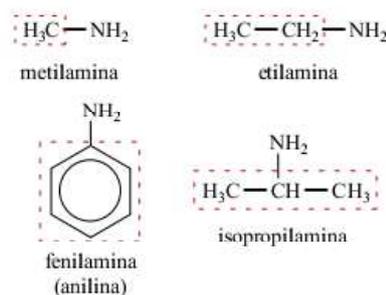


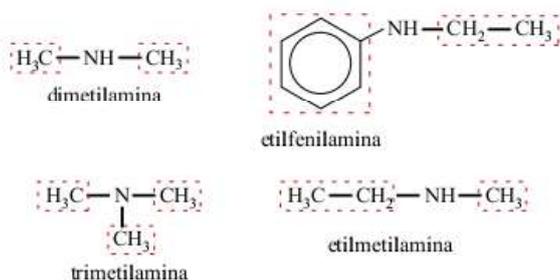
Fig. 20 Aminas aromáticas e alifáticas.

A nomenclatura das aminas segue o esquema: **nome dos grupos orgânicos substituintes + amina**.

Observe os exemplos a seguir:



Nas aminas secundárias e terciárias, se os grupos orgânicos forem diferentes, devemos citá-los em ordem alfabética. Se forem iguais, citamos apenas um nome precedido do prefixo multiplicador *di* ou *tri*.



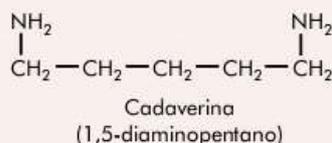
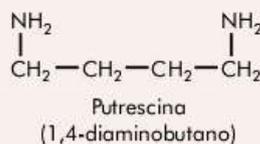
As aminas são consideradas bases orgânicas, pois reagem com ácidos formando sais.



SAIBA MAIS

Algumas aminas têm cheiro desagradável. É o caso da trimetilamina, a principal responsável pelo cheiro de peixe.

Outras duas aminas com cheiros bastante desagradáveis são a cadaverina (formada na degradação do aminoácido lisina) e a putrescina (formada na degradação do aminoácido arginina).



Propriedades físicas das aminas

Em razão da geometria piramidal do nitrogênio, as aminas são substâncias moderadamente polares. Sua temperatura de ebulição é maior que a dos alcanos, mas geralmente menor que a dos álcoois de massa molecular semelhante. As aminas primárias e secundárias podem formar ligações de hidrogênio umas com as outras; já as terciárias, não. Como resultado, as aminas terciárias têm temperaturas de ebulição menores que as das aminas primárias e secundárias.

Todas as aminas de massa molecular pequena são solúveis em água, pois são capazes de realizar ligações de hidrogênio com ela.

Amida

São compostos orgânicos que têm um átomo de nitrogênio ligado à carbonila. O grupo funcional das amidas pode ser

representado como na Fig. 21, em que R pode ser um hidrogênio, um grupo alifático ou aromático e o nitrogênio pode ou não apresentar substituintes orgânicos.

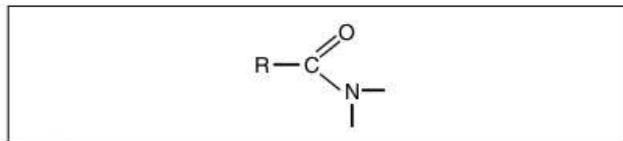
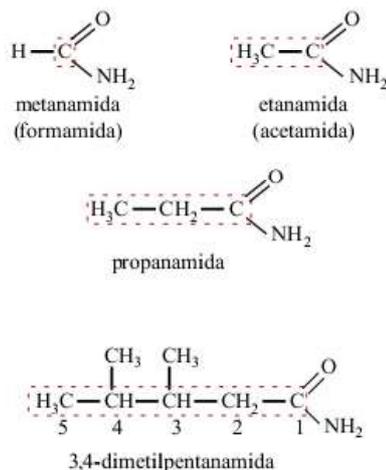
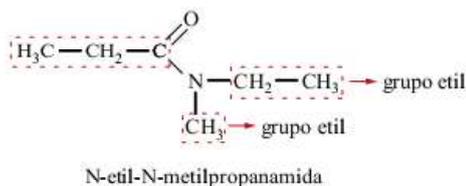


Fig. 21 Grupo funcional das amidas.

A nomenclatura substitutiva das amidas segue o esquema: **prefixo + infixo + amida**. Observe os exemplos:



Em amidas que apresentam grupos substituintes ligados ao nitrogênio, devemos citar esses grupos antecedidos pela letra N, seguidos do nome do composto.



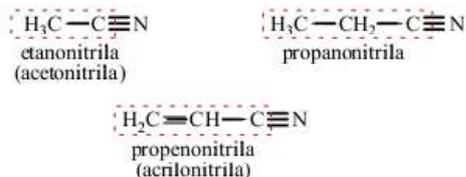
Propriedades físicas das amidas

Amidas com um ou nenhum grupo substituinte no nitrogênio são capazes de realizar ligações de hidrogênio entre suas moléculas e, conseqüentemente, têm elevadas temperaturas de ebulição. Amidas que apresentam dois grupos substituintes no nitrogênio não podem formar ligações de hidrogênio entre si e terão temperaturas de ebulição mais baixas. No entanto, todas as amidas com até cinco átomos de carbono são solúveis em água, pois podem formar ligações de hidrogênio com ela.

Nitrilas

São compostos caracterizados pela presença do grupo funcional $\text{R}-\text{C}\equiv\text{N}$ ou $\text{R}-\text{CN}$. As nitrilas podem ser obtidas pela substituição do hidrogênio do cianeto de hidrogênio (HCN) por um substituinte orgânico.

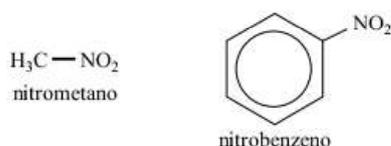
A nomenclatura substitutiva das nitrilas segue o esquema: **prefixo + infixo + o + nitrila**. Observe os exemplos:



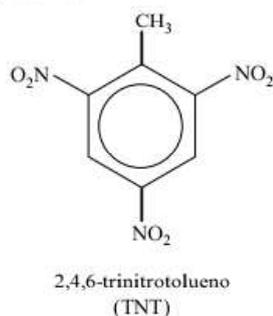
Nitrocomposto

São compostos que apresentam um ou mais grupos nitro ($-\text{NO}_2$) ligados ao carbono. A nomenclatura substitutiva de um nitrocomposto segue o esquema: **nitro + prefixo + infixo + o**.

Observe os exemplos a seguir:



O nitrocomposto mais conhecido é o trinitrotolueno (TNT), utilizado como explosivo.



Cloreto de ácido carboxílico

Os cloretos de acila, ou cloretos de ácido carboxílico, são derivados do ácido carboxílico e obtidos pela substituição do grupo hidroxila ($-\text{OH}$) da carboxila ($-\text{COOH}$) por um átomo de cloro. O grupo funcional dos cloretos de ácido pode ser representado conforme a Fig. 22:

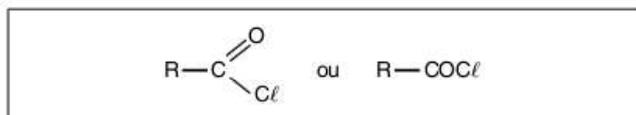
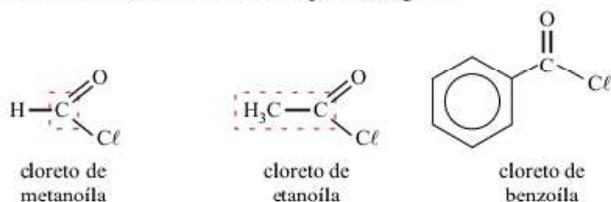


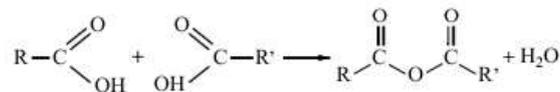
Fig. 22 Grupo funcional dos cloretos de ácido.

Sua nomenclatura segue o esquema: **cloreto de + prefixo + infixo + oila**. Observe os exemplos a seguir:



Anidrido de ácido carboxílico

São compostos formados a partir da desidratação de dois ácidos carboxílicos.



O grupo funcional dos anidridos de ácido carboxílico pode ser representado conforme a Fig. 23:

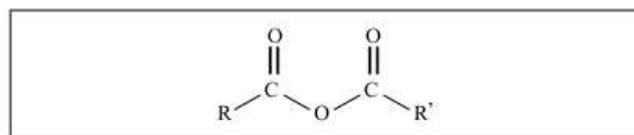
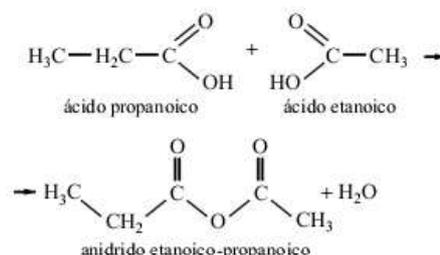
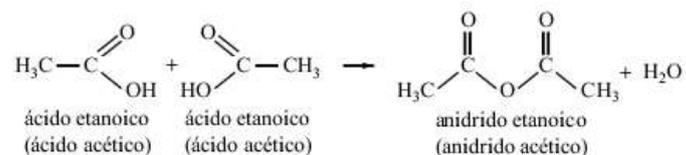


Fig. 23 Grupo funcional dos anidridos de ácido.

A nomenclatura de um anidrido é dada citando o termo **anidrido** seguido dos nomes dos ácidos que dão origem a ele. Caso o anidrido seja formado por ácidos diferentes, devemos citar seus nomes em ordem alfabética.



Ácido sulfônico

São compostos que apresentam o grupo funcional sulfônico ($\text{R}-\text{SO}_3\text{H}$). Esses ácidos são derivados dos ácidos sulfúricos pela substituição de uma hidroxila do ácido por um grupo orgânico.

Sua nomenclatura segue o esquema: **ácido + prefixo + infixo + o + sulfônico**.

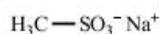
Observe os exemplos a seguir:



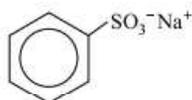
Sal de ácido sulfônico

A reação de um ácido sulfônico com uma base formará um sal de ácido sulfônico. A nomenclatura desses compostos segue a mesma regra da nomenclatura de sais inorgânicos, ou seja, troca-se o sufixo **-ico** do nome do ácido pelo sufixo **-ato**.

Observe os exemplos a seguir:



metanossulfonato de sódio



benzenossulfato de sódio

Tio compostos

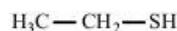
São compostos orgânicos que apresentam um ou mais átomos de enxofre (S) em sua estrutura.

- Tioálcoois, tióis ou mercaptanas: apresentam o grupo **-SH** ligado a um carbono saturado.

A nomenclatura de um tioálcool segue o esquema: **prefixo + infixo + o + tiol**.



metanotiol



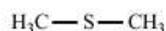
etanotiol

- Tioéteres ou sulfetos: apresentam pelo menos um átomo de enxofre entre carbonos (**R-S-R'**).

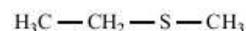
A nomenclatura de um tioéter segue o esquema: **sulfeto de + nome do grupo orgânico com sufixo -ila**.

Se os grupos substituintes que estão ligados ao enxofre forem diferentes, devem ser citados em ordem alfabética. Se

forem iguais, citamos apenas um nome precedido do prefixo multiplicador *di*.



sulfeto de dimetila



sulfeto de etila e metila

Enol

São compostos que apresentam uma hidroxila (-OH) ligada em um carbono insaturado por uma ligação dupla. O grupo funcional dos enóis pode ser representado conforme a Fig. 24:

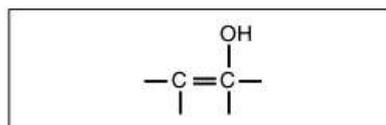
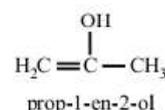
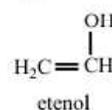


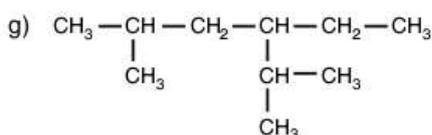
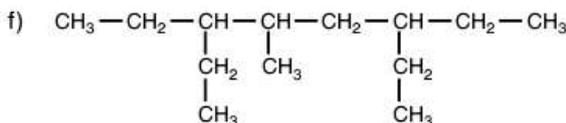
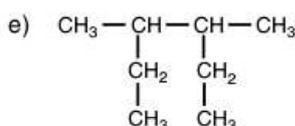
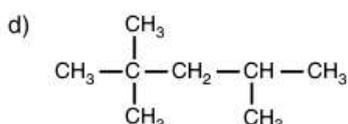
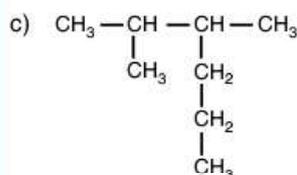
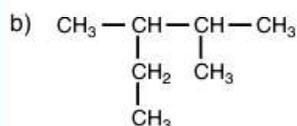
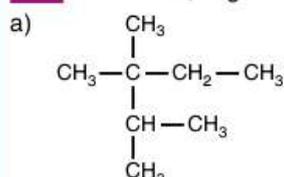
Fig. 24 Grupo funcional dos enóis.

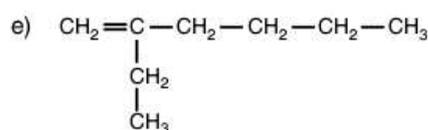
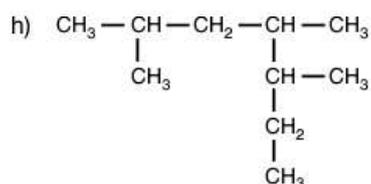
Sua nomenclatura segue o esquema: **prefixo + infixo + ol**. Observe os exemplos:



Revisando

1 Dê nomes, segundo a Iupac, aos seguintes alcanos:

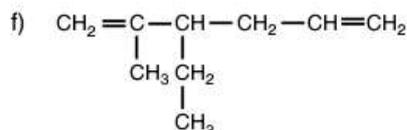
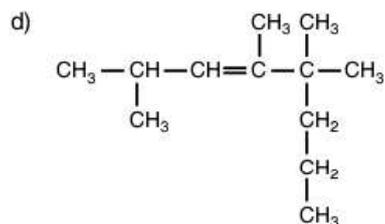
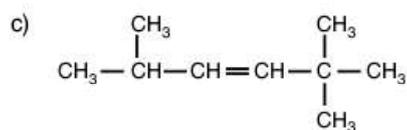
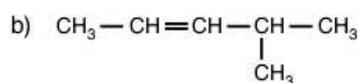
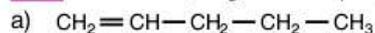




2 Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes compostos:

- 3-metilpentano
- dimetilpropano
- 2,2,4-trimetilhexano
- 4-etil-2,2-dimetilnonano
- 3-etil-5-isopropil-2,7-dimetildecano
- 3-etil-5-isopropil-2,2-dimetiloctano

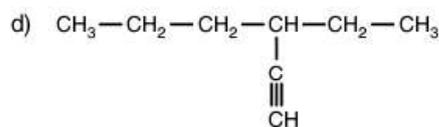
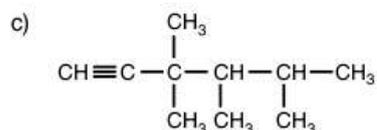
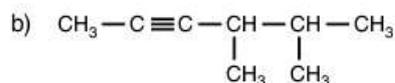
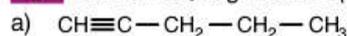
3 Dê nomes, segundo a IUPAC, aos seguintes alcenos:



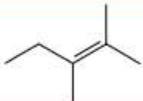
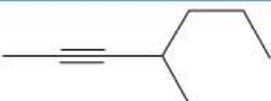
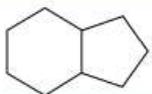
4 Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes compostos:

- 5-metilhex-2-eno
- Pent-2-eno
- 4-isopropil-1-eno
- 4,4-dietil-2-metilhex-2-eno
- 5-etil-6,7,7-trimetilnon-3-eno

5 Dê nomes, segundo a IUPAC, aos seguintes alcinos:



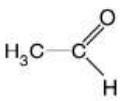
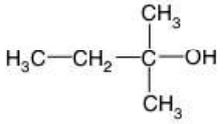
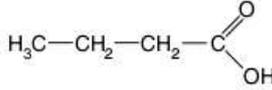
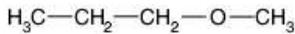
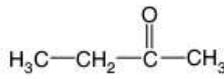
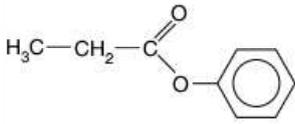
6 Classifique cada um dos hidrocarbonetos a seguir em subfunções.

Hidrocarboneto	Subfunção
	
	
	
	
	
	
	

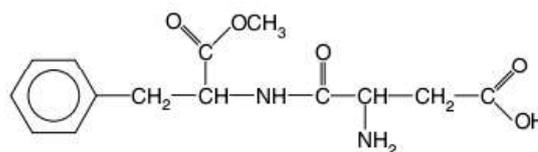
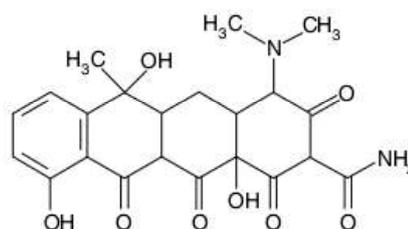
7 Escreva as fórmulas estruturais dos seguintes compostos:

- 3-etilpentano
- 1-cloro-4-metilpentano
- 2-metilbuta-1,3-dieno
- 2,3-dicloropentano
- ciclo-hexanol
- éter etílico e metílico
- 3-etil-4-metilbenzenol
- 4-etil-3,5-dimetiloct-5-en-2-ol

8 A qual função pertence cada um dos seguintes compostos?

9 Para as moléculas a seguir, circule e atribua o nome de todas as respectivas funções orgânicas presentes.



10 Para os compostos a seguir, indique a qual função eles pertencem.

- $C_6H_5NH_2$
- $CH_3CONHC_6H_5$
- $CH_3C_6H_5$
- $CH_3COCH_2CH_3$
- $CH_3(CH_2)_2CH_2OH$
- $CH_3COOC_2H_5$
- CH_3CH_2CHO
- C_6H_5COOH

Exercícios propostos

Hidrocarbonetos

1 UFSCar Considere as afirmações seguintes sobre hidrocarbonetos.

- I. Hidrocarbonetos são compostos orgânicos constituídos somente de carbono e hidrogênio.
- II. São chamados de alcenos somente os hidrocarbonetos insaturados de cadeia linear.
- III. Cicloalcanos são hidrocarbonetos alifáticos saturados de fórmula geral C_nH_{2n} .
- IV. São hidrocarbonetos aromáticos: bromobenzeno, *p*-nitrotolueno e naftaleno.

São corretas as afirmações:

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

2 Sobre a substância decano, é **incorreto** afirmar que:

Dado: C (Z = 6) e H (Z = 1).

- (a) o número de carbonos em sua estrutura é igual a dez.
- (b) é um alcano.
- (c) o número de hidrogênios em sua cadeia é igual a 22.

(d) deve ter fórmula molecular C_4H_{10} .

(e) apresenta somente ligações covalentes em sua estrutura.

3 UEMA 2014 GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), também conhecido popularmente como gás de cozinha, é um combustível fóssil não renovável que pode se esgotar de um dia para o outro, caso não seja utilizado com planejamento e sem excesso. Ele é composto, dentre outros gases, por propano (C_3H_8), butano (C_4H_{10}) e pequenas quantidades de propeno (C_3H_6) e buteno (C_4H_8). Esses compostos orgânicos são classificados como hidrocarbonetos que apresentam semelhanças e diferenças entre si.

Com base no tipo de ligação entre carbonos e na classificação da cadeia carbônica dos compostos acima, pode-se afirmar que

- (a) os compostos insaturados são propano e butano.
- (b) os compostos insaturados são propeno e buteno.
- (c) os compostos insaturados são propeno e butano.
- (d) os compostos apresentam cadeias homocíclicas.
- (e) os compostos possuem cadeias heterocíclicas.

Texto para a questão 4:

Em 2012, o inverno foi uma estação muito seca, em que a umidade relativa do ar esteve várias vezes abaixo do índice recomendado pela OMS, Organização Mundial de Saúde. Por isso, recomendou-se que as práticas esportivas fossem realizadas pela manhã e suspensas no período da tarde, quando a situação era mais grave. Entre outros problemas, houve também o acúmulo de poluentes atmosféricos, como observado na tabela a seguir.

Poluente	Principal fonte	Comentários
Monóxido de Carbono (CO)	Escape dos veículos motorizados; alguns processos industriais.	Limite máximo suportado: 10 mg/m ³ em 8 h (9 ppm); 40 mg/m ³ em 1 h (35 ppm).
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Centrais termoelétricas a petróleo ou carvão; fábricas de ácido sulfúrico.	Limite máximo suportado: 80 mg/m ³ num ano (0,03 ppm); 365 mg/m ³ em 24 h (0,14 ppm).
Partículas em suspensão	Escape dos veículos motorizados; processos industriais; centrais termoelétricas; reação dos gases poluentes na atmosfera.	Limite máximo suportado: 75 mg/m ³ num ano; 260 mg/m ³ em 24 h; compostos de carbono, nitratos, sulfatos, e vários metais como o chumbo, cobre, ferro.
Óxidos de Azoto (NO, NO ₂)	Escape dos veículos motorizados; centrais termoelétricas; fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico.	Limite máximo suportado: 100 mg/m ³ num ano (0,05 ppm) – para o NO ₂ ; reage com Hidrocarbonos e luz solar para formar oxidantes fotoquímicos.
Oxidantes fotoquímicos – Ozônio (O ₃)	Formados na atmosfera devido à reação de Óxidos de Azoto, Hidrocarbonos e luz solar.	Limite máximo suportado: 235 mg/m ³ numa hora (0,12 ppm).
Etano, Etileno, Propano, Butano, Acetileno, Pentano	Escape dos veículos motorizados; evaporação de solventes; processos industriais; lixos sólidos, utilização de combustíveis.	Reagem com Óxidos de Azoto e com a luz solar para formar oxidantes fotoquímicos.
Dióxido de Carbono (CO ₂)	Todas as combustões.	Perigo para a saúde quando em concentrações superiores a 5.000 ppm em 2-8 h; os níveis atmosféricos aumentaram de cerca de 280 ppm, há um século, para 350 ppm atualmente, algo que pode estar a contribuir para o Efeito Estufa.

Disponível em: <educar.sc.usp.br/licenciatura/2003/ee/PoluentesAtmosfericos.htm>.

Acesso em: 11 out. 2012. (Adapt.)

4 Fatec 2013 Os compostos orgânicos mencionados apresentam, respectivamente, as fórmulas estruturais:

(a)	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
(b)	CH_4	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
(c)	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
(d)	CH_4	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
(e)	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

5 UECE 2016 Um carro estacionado na sombra durante um dia, com as janelas fechadas, pode conter de 400 a 800 mg de benzeno. Se está ao sol, o nível de benzeno subirá de 2.000 a 4.000 mg. A pessoa que entra no carro e mantém as janelas fechadas inevitavelmente aspirará, em rápida sucessão, excessivas quantidades dessa toxina. O benzeno é uma toxina que afeta os rins e o fígado, e, o que é pior, é extremamente difícil para o organismo expulsar esta substância tóxica. Por essa razão, os manuais de instruções de uso dos carros indicam que, antes de ligar o ar-condicionado, deve-se primeiramente abrir as janelas e deixá-las abertas por um tempo de dois minutos.

Com relação ao benzeno, assinale a afirmação **correta**.

- (a) É um hidrocarboneto classificado como hidrocarboneto aromático, cuja massa molar é menor do que 75 g/mol.
 (b) Em sua fórmula estrutural existem carbonos do tipo sp^3 .
 (c) O radical gerado com a perda de um hidrogênio desse composto é chamado de fenil.
 (d) Apresenta, em sua cadeia carbônica, as seguintes particularidades: cíclica, normal, insaturada e heterogênea.

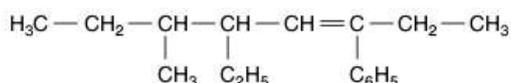
6 PUC-RJ 2014 Considere as afirmativas a seguir sobre o 2-metilpentano.

- I. Possui cadeia carbônica normal.
 II. Possui fórmula molecular C_6H_{14} .
 III. É um hidrocarboneto insaturado.
 IV. Possui três átomos de carbono primários.

É **correto** o que se afirma somente em:

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

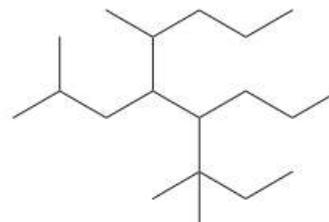
7 PUC-PR Dado o composto:



os radicais ligados aos carbonos 3, 5 e 6 da cadeia principal são, respectivamente:

- (a) metil, etil e benzil.
 (b) fenil, etil e metil.
 (c) hexil, etil e metil.
 (d) metil, etil e fenil.
 (e) benzil, etil e metil.

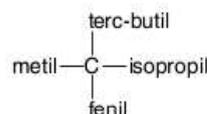
8 UFF Analise a estrutura seguinte e considere as regras de nomenclatura da lupac.



Assinale a opção que indica as cadeias laterais ligadas, respectivamente, aos carbonos de números 4 e 5 da cadeia hidrocarbônica principal.

- (a) propil e isobutil. (d) propil e terc-pentil.
 (b) metil e isobutil. (e) metil e propil.
 (c) terc-pentil e terc-butil.

9 PUC-PR O composto:

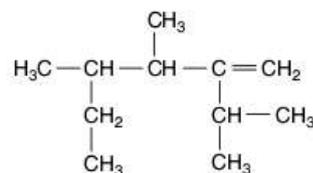


Apresenta, como nomenclatura oficial, o seguinte nome:

- (a) 1,2,2,3,4-pentametil-2-fenilbutano.
 (b) 2,3,4,4-tetrametil-3-fenilpentano.
 (c) 2,2,3,4-tetrametil-3-fenilpentano.
 (d) 2,2,3-trimetil-3-etiloctano.
 (e) 2,2-dimetil-3-isopropil-3-fenilbutano.

10 Mackenzie Sobre o composto cuja fórmula estrutural é dada a seguir, fazem-se as afirmações:

- I. É um alceno.
 II. Possui três ramificações diferentes entre si, ligadas à cadeia principal.
 III. Apesar de ter fórmula molecular $\text{C}_{11}\text{H}_{22}$, não é um hidrocarboneto.
 IV. Possui no total quatro carbonos terciários.



São **corretas**:

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

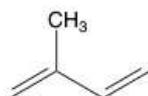
11 GFTSC Qual a fórmula molecular do 2-metil-1-buteno?

- (a) C_5H_{12} (d) $C_{10}H_{10}$
 (b) C_5H_{10} (e) $C_{10}H_5$
 (c) C_4H_8

12 UFU O hidrocarboneto que apresenta cadeia acíclica, ramificada, saturada e homogênea é:

- (a) 4-etil-4,5-dimetil-2-heptanol.
 (b) 4-isopropil-2,4,5-trimetil-2-hepteno.
 (c) 2,4,5-trimetil-4-propileptano.
 (d) 2-etil-4-isopropil-1-metilcicloexano.

13 Ufla De acordo com a Iupac, o nome correto do "Isopreno", o monômero básico dos polímeros, é:



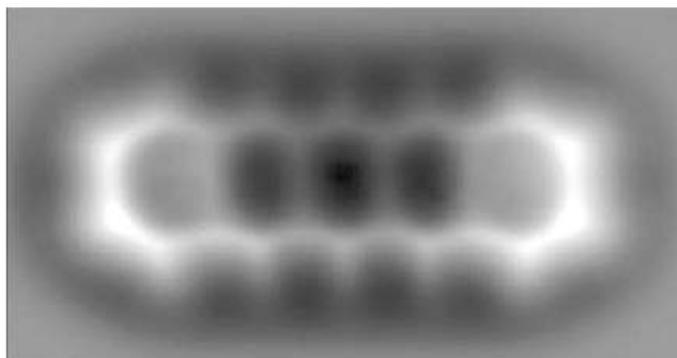
- (a) 4-metil-1,3-butadieno.
 (b) 2-metileno-1,3-butadieno.
 (c) 4-vinil-1-penteno.
 (d) 2-metil-1,3-butadieno.
 (e) 2-metil-1,3-pentadieno.

14 Mackenzie

Cientistas "fotografam" molécula individual

Os átomos que formam uma molécula foram visualizados de forma mais nítida pela primeira vez por meio de um microscópio de força atômica. A observação, feita por cientistas em Zurique (Suíça) e divulgada na revista "Science", representa um marco no que se refere aos campos de eletrônica molecular e nanotecnologia, além de um avanço no desenvolvimento e melhoria da tecnologia de dispositivos eletrônicos. De acordo com o jornal espanhol "El País", a molécula de pentaceno pode ser usada em novos semicondutores orgânicos.

Folha Online, 28 ago. 2009.



Acima, foto da molécula de pentaceno e, a seguir, representação da sua fórmula estrutural.



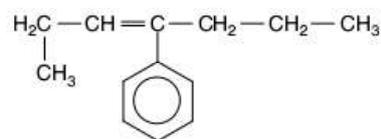
A respeito do pentaceno, são feitas as afirmações I, II, III e IV.

- I. É uma molécula que apresenta cadeia carbônica aromática polinuclear.
 II. A sua fórmula molecular é $C_{22}H_{14}$.
 III. O pentaceno poderá ser utilizado na indústria eletrônica.
 IV. Os átomos de carbono na estrutura acima possuem hibridização sp^3 .

Estão **corretas**

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

15 PUC-PR Dada a estrutura:



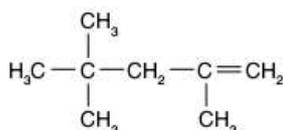
A função à qual pertence esse composto e seu nome oficial estão corretamente indicados na alternativa:

- (a) Alceno – 4-fenil-3-hepteno
 (b) Alceno – 4-benzil-3-hepteno
 (c) Hidrocarboneto – 1-metil-3-fenil-2-hexeno
 (d) Hidrocarboneto – 4-fenil-3-hepteno
 (e) Hidrocarboneto – 4-fenil-4-hepteno

16 UFRGS A estrutura correta para um hidrocarboneto alifático saturado que tem fórmula molecular $C_{11}H_{22}$ e que apresenta grupamentos etila e isopropila em sua estrutura é

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

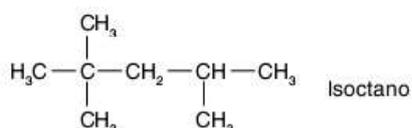
17 Udesc Analise o composto representado na figura abaixo:



Sobre o composto, é **incorreto** afirmar que:

- (a) o seu nome é 2,2,4-trimetil-4-penteno.
- (b) apresenta dois carbonos com hibridização sp^2 .
- (c) é um alceno ramificado de cadeia aberta.
- (d) é um hidrocarboneto ramificado de cadeia aberta.
- (e) apresenta seis carbonos com hibridização sp^3 .

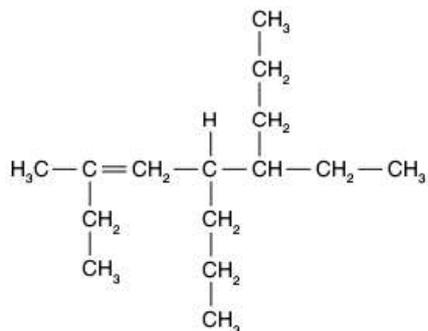
18 UFRRJ O isoctano e outras moléculas de hidrocarbonetos ramificados são mais desejáveis, nas gasolinas comerciais, do que moléculas de cadeia linear, uma vez que estas sofrem ignição de forma explosiva, causando até perda de potência.



Assinale a opção que apresenta a nomenclatura **correta** do isoctano.

- (a) 2,2,3-trimetilpentano.
- (b) 2,2,4-trimetilpentano.
- (c) 2,2,4-trimetilbutano.
- (d) 2,2,3-dimetilpentano.
- (e) 2,2,4-trimetil-hexano.

19 CFTMG Observe a estrutura representada a seguir.



Segundo a Iupac, o nome **correto** do hidrocarboneto é:

- (a) 2,5-dietil-4-propil-2-octeno.
- (b) 2-etil-4,5-dipropil-2-hepteno.
- (c) 4-etil-7-metil-5-propil-6-noneno.
- (d) 6-etil-3-metil-5-propil-3-noneno.

20 UFRGS 2016 Observe a estrutura do *p*-cimeno abaixo.



Abaixo são indicadas três possibilidades de nomenclatura usual para representar o *p*-cimeno.

- I. *p*-isopropiltolueno.
- II. 1-isopropil-4-metil-benzeno.
- III. *terc*-butil-benzeno.

Quais estão **corretas**?

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

21 UFRGS Os LCDs são mostradores de cristal líquido que contêm em sua composição misturas de substâncias orgânicas. A substância DCH-2F é um cristal líquido nemático utilizado na construção de mostradores de matriz ativa de cristais líquidos. Sua estrutura está representada a seguir.

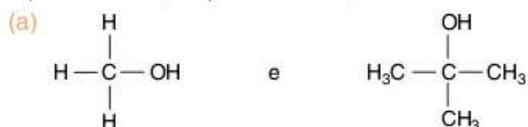


A substância DCH-2F é um:

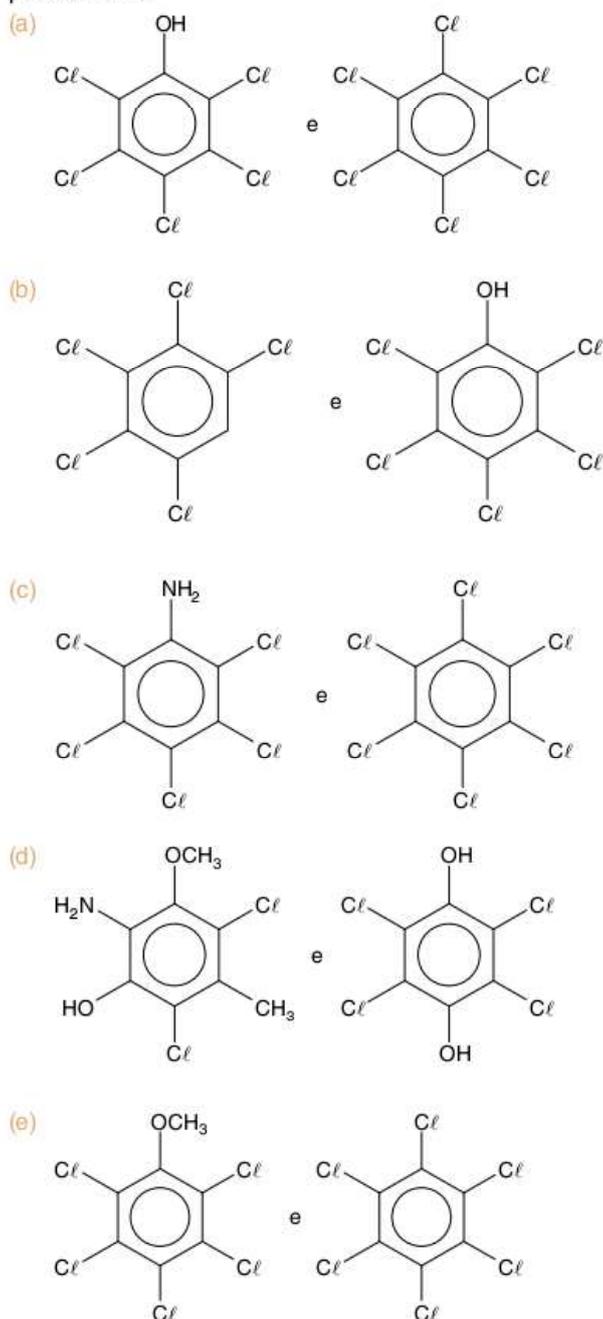
- (a) isocianeto aromático.
- (b) cianeto aromático.
- (c) haleto orgânico.
- (d) alceno saturado.
- (e) hidrocarboneto aromático.

22 Uerj Um acidente com um trem, em junho de 2003, acarretou o despejo de metanol e 2-metil-2-propanol no rio que abastece a cidade de Uberaba.

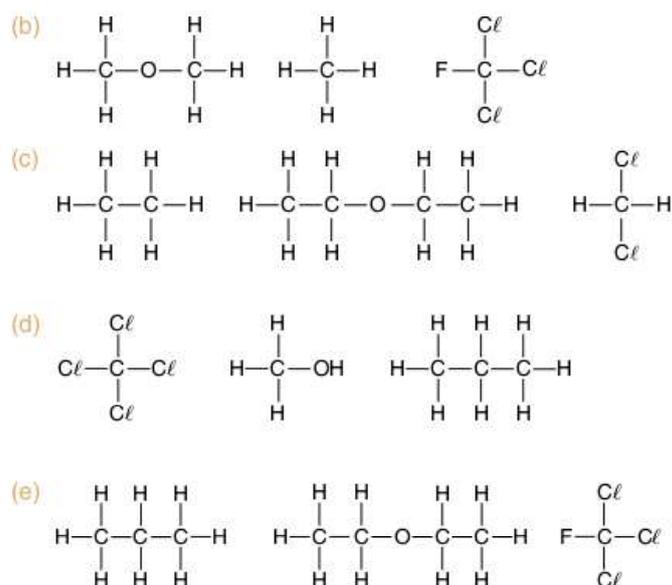
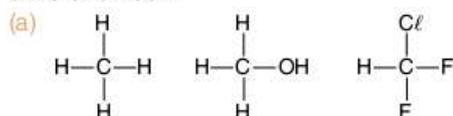
As fórmulas estruturais dos compostos mencionados estão representadas, respectivamente, em:



23 Ufla Resíduos de defensivos agrícolas, muitas vezes depositados sobre o solo de forma incorreta, apresentam, entre outros compostos, o pentaclorofenol e o hexaclorobenzeno. As estruturas que correspondem a esses dois compostos são, respectivamente:



24 Fuvest Hidrocarbonetos e éteres já estão sendo usados como gases propelentes no lugar do triclorofluorocarbano (fréon) em desodorantes e outros produtos de *spray*. Assinale a alternativa que contém, respectivamente, um hidrocarboneto, um éter e fréon.



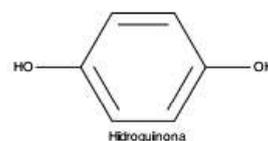
25 Espcex 2017 Considere as seguintes descrições de um composto orgânico:

- I. o composto apresenta 7 (sete) átomos de carbono em sua cadeia carbônica, classificada como aberta, ramificada e insaturada;
- II. a estrutura da cadeia carbônica apresenta apenas 1 carbono com hibridização tipo sp , apenas 2 carbonos com hibridização tipo sp^2 e os demais carbonos com hibridização sp^3 ;
- III. o composto é um álcool terciário.

Considerando as características descritas acima e a nomenclatura de compostos orgânicos regulada pela *União Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac)*, uma possível nomenclatura para o composto que atenda essas descrições é

- (a) 2,2-dimetil-pent-3-in-1-ol.
- (b) 3-metil-hex-2-en-2-ol.
- (c) 2-metil-hex-3,4-dien-2-ol.
- (d) 3-metil-hex-2,4-dien-1-ol.
- (e) 3-metil-pent-1,4-dien-3-ol.

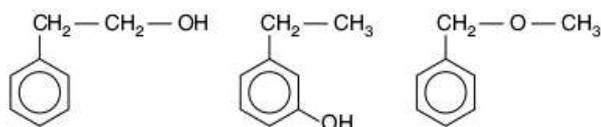
26 Puccamp 2016 Na revelação de uma fotografia analógica, ou seja, de película, uma das etapas consiste em utilizar uma solução reveladora, cuja composição contém hidroquinona.



A função orgânica que caracteriza esse composto é

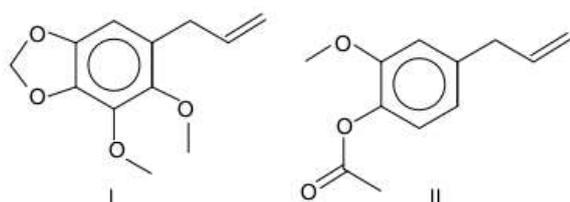
- (a) álcool.
- (b) fenol.
- (c) ácido carboxílico.
- (d) benzeno.
- (e) cetona.

27 UEPG 2016 Sobre os compostos abaixo representados, assinale o que for **correto**.



- 01 Apresentam a mesma massa molecular
 02 São compostos aromáticos
 04 Têm a mesma função química
 08 Apresentam o mesmo ponto de ebulição
 Soma =

28 PUC-Rio 2014



Nas estruturas de ambas as substâncias, I e II, está presente a função orgânica:

- (a) álcool. (d) éster.
 (b) aldeído. (e) éter.
 (c) cetona.

29 UPF 2014 Tramita na Câmara Federal projeto de lei (PL 6.068/13) que prevê ações que impliquem a redução na emissão de poluentes por veículos automotores. Atualmente, a lei n. 8.723/93 fixa em 22% o percentual obrigatório de adição de álcool à gasolina e permite ao governo variar esses percentuais entre 18% e 25%. O projeto, apresentado pelo deputado Antonio Carlos Mendes Thame (PSDB-SP), prevê que esse percentual passe a variar entre 20% e 30%. Segundo o parlamentar, além de contribuir para a saúde pública, a proposta pretende "estimular o setor sucroalcooleiro a continuar expandindo as suas atividades em todas as fases da cadeia produtiva".

Agência Câmara Notícias. Disponível em <http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/noticias/projeto-aumenta-percentual-de-alcool-na-gasolina>. Acesso em 23 abr. 2014.

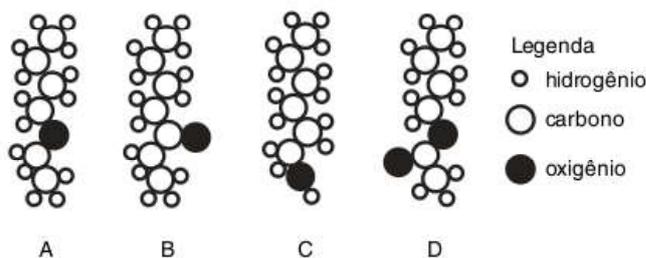


Disponível em: <http://chargesbruno.blogspot.com.br/>. Acesso em: 23 mar. 2014.

Com relação às propriedades dos compostos orgânicos que apresentam a função álcool, analise as alternativas e assinale a **incorreta**:

- (a) As substâncias químicas 2-metil-propan-2-ol e butan-2-ol são classificadas, respectivamente, como álcool terciário e álcool secundário.
 (b) Se for considerado um teor de álcool na gasolina de 23% (v/v), significa que, para cada 200 mL da solução, estarão dissolvidos 46 mL de etanol.
 (c) O etanol pode se dissolver em gasolina, pois possui cadeia carbônica apolar, e em água, por estabelecer ligações de hidrogênio com as moléculas de água.
 (d) Uma mistura de etanol e água, em proporções específicas, poderá formar um sistema azeotrópico, e seus componentes não serão separados por destilação simples, pois tal sistema possui temperatura de ebulição constante.
 (e) Os álcoois são menos reativos do que os hidrocarbonetos, de mesma massa molar, devido ao fato de serem polares.

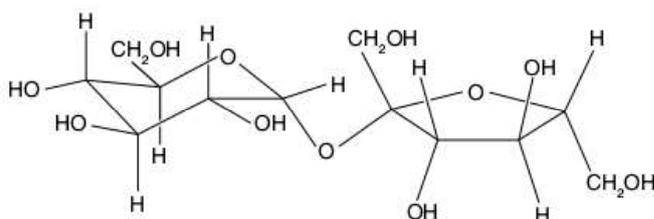
30 UEMG 2014 As figuras a seguir representam moléculas constituídas de carbono, hidrogênio e oxigênio.



Qual das figuras representa uma molécula pertencente à função álcool?

- (a) A.
 (b) B.
 (c) C.
 (d) D.

31 Ibmec-RJ 2013 A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), também conhecida como açúcar de mesa, é um tipo de glicídio formado por uma molécula de glicose e uma de uma frutose produzida pela planta ao realizar o processo de fotossíntese.

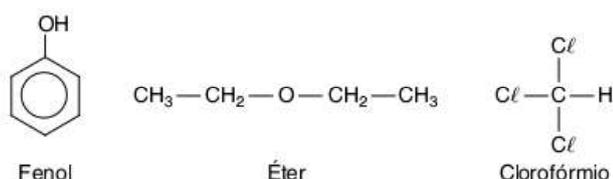


De acordo com a sua fórmula estrutural, indique as funções na molécula de sacarose:

- (a) álcool e fenol (d) cetona e álcool
 (b) álcool e éter (e) éter e cetona
 (c) álcool e cetona

32 IFPE 2012 No livro *O século dos cirurgiões*, de Jürgen Thorwald, o autor enfatiza diversas substâncias químicas que mudaram a história da humanidade, entre elas: o fenol, que em 1865 era chamado de ácido carbólico e foi usado pelo médico Inglês Joseph Lister como bactericida, o que diminuiu a mortalidade por infecção hospitalar na Europa; o éter comum, usado pela 1ª vez em 1842, em Massachusetts (EUA), pelo cirurgião John Collins Warren como anestésico por inalação, que possibilitou a primeira cirurgia sem dor, e, por fim, o clorofórmio, usado em 1847 também como anestésico, mas posteriormente abandonado devido a sua toxidez.

Abaixo estão expressas as fórmulas estruturais do ácido carbólico (fenol), éter e clorofórmio.



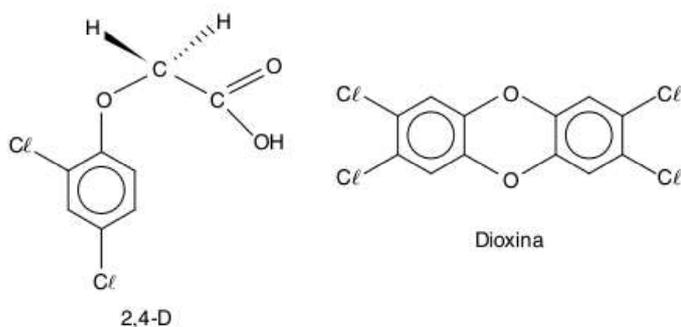
Observe as seguintes afirmações em relação às estruturas.

- I. O fenol pode ser chamado de hidróxi-benzeno.
- II. A nomenclatura Iupac do éter é etanoato de etila.
- III. O éter não apresenta ligações pi.
- IV. O clorofórmio é um haleto orgânico.
- V. Todos os carbonos do fenol são secundários.

Está(ão) **correta(s)**:

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

33 Unesp Durante a Guerra do Vietnã (década de 60 do século passado), foi usado um composto chamado agente laranja (ou 2,4-D) que, atuando como desfolhante das árvores, impedia que os soldados vietnamitas (os vietcongues) se ocultassem nas florestas durante os ataques dos bombardeiros. Esse material continha uma impureza, resultante do processo de sua fabricação, altamente cancerígena, chamada dioxina. As fórmulas estruturais para estes compostos são apresentadas a seguir.

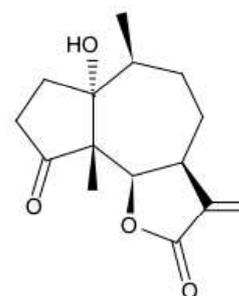
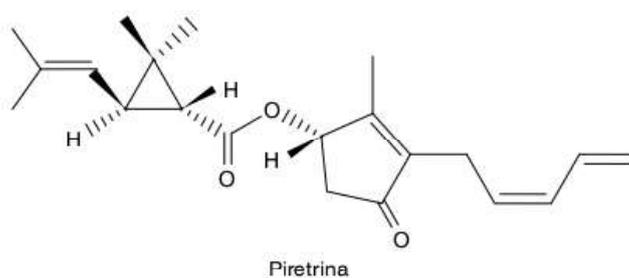


Esses compostos apresentam em comum as funções:

- (a) amina e ácido carboxílico.
- (b) ácido carboxílico e amida.
- (c) éter e haleto orgânico.
- (d) cetona e aldeído.
- (e) haleto orgânico e amida.

34 IFBA 2017 O ano de 2016 foi declarado Ano Internacional das Leguminosas (AIL) pela 68ª Assembleia Geral das Nações Unidas, tendo a Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO) sido nomeada para facilitar a execução das atividades, em colaboração com os governos. Os agrotóxicos fazem parte do cultivo de muitos alimentos (dentre eles as leguminosas) de muitos países com o objetivo de eliminar pragas que infestam as plantações. Porém, quando esses compostos são usados em excesso podem causar sérios problemas de intoxicação no organismo humano.

Na figura são apresentadas as estruturas químicas da Piretrina e da Coronopilina (agrotóxicos muito utilizados no combate a pragas nas plantações). Identifique as funções orgânicas presentes simultaneamente nas estruturas apresentadas:



- (a) Éter e Éster.
- (b) Cetona e Éster.
- (c) Aldeído e Cetona.
- (d) Éter e Ácido Carboxílico.
- (e) Álcool e Cetona.

35 FMP 2017

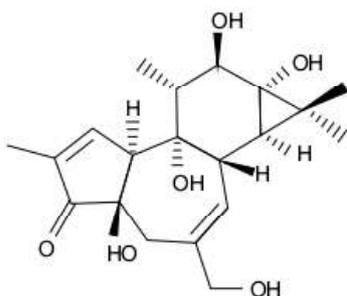
Árvore da morte

Esse é um dos seus nomes conhecidos, usado por quem convive com ela. Seus frutos, muito parecidos com maçãs, são cheirosos, doces e saborosos. Também é conhecida como Mancenilheira da Areia – mas “árvore da morte” é o apelido que melhor descreve a realidade.

Sua seiva leitosa contém farbol, um componente químico perigoso, e, só de encostar-se à árvore, a pele pode ficar horrivelmente queimada. Refugiar-se debaixo dos seus galhos durante uma chuva tropical também pode ser desastroso, porque até a seiva diluída pode causar uma erupção cutânea grave.

Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2016/06/a-arvore-da-morte-a-mais-perigosa-do-mundo-segundo-o-livro-dos-records.html>>. (Adapt.)
Acesso em: 18 jul. 2016.

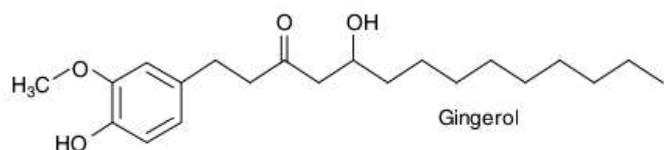
Considere a fórmula estrutural do forbol representada abaixo.



Uma das funções orgânicas e o nome de um dos grupamentos funcionais presentes em sua molécula são, respectivamente,

- (a) fenol e carbonila (d) álcool e carboxila
 (b) cetona e carboxila (e) álcool e carbonila
 (c) aldeído e hidroxila

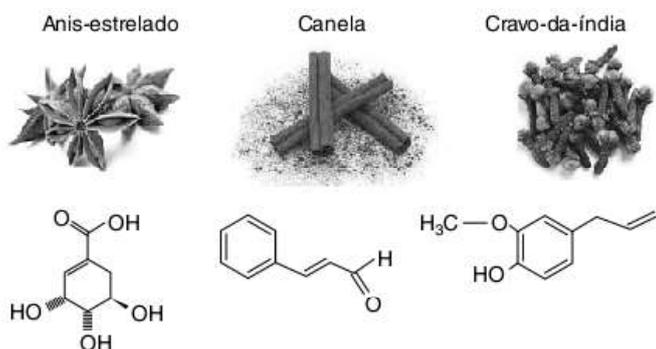
36 UFJF 2017 O gengibre é uma planta herbácea originária da Ilha de Java, da Índia e da China, e é utilizado mundialmente na culinária para o preparo de pratos doces e salgados. Seu caule subterrâneo possui sabor picante, que se deve ao gengero, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir:



Quais funções orgânicas estão presentes na estrutura do gengero?

- (a) Éster, aldeído, álcool, ácido carboxílico.
 (b) Éster, cetona, fenol, ácido carboxílico.
 (c) Éter, aldeído, fenol, ácido carboxílico.
 (d) Éter, cetona, álcool, aldeído.
 (e) Éter, cetona, fenol, álcool.

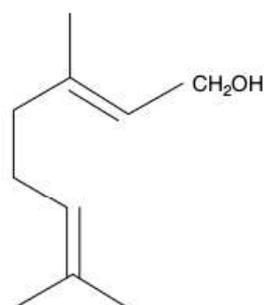
37 IFSul 2017 Especiarias, como anis-estrelado, canela e cravo-da-índia, são deliciosas, sendo comumente utilizadas na gastronomia, devido aos seus deliciosos aromas. Também são utilizadas na fabricação de doces, como chicletes, balas e bolachas, na perfumaria e na aromatização de ambientes. Abaixo, temos as fórmulas estruturais de três compostos orgânicos, presentes no aroma dessas especiarias.



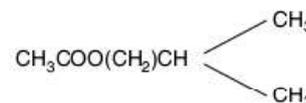
Esses compostos apresentam em suas fórmulas estruturais os grupos funcionais

- (a) álcool, cetona e fenol.
 (b) aldeído, álcool, éter e fenol.
 (c) aldeído, álcool, cetona e éter.
 (d) álcool, ácido carboxílico, éster e fenol.

38 Enem 2015 Uma forma de organização de um sistema biológico é a presença de sinais diversos utilizados pelos indivíduos para se comunicarem. No caso das abelhas da espécie *Apis mellifera*, os sinais utilizados podem ser feromônios. Para saírem e voltarem de suas colmeias, usam um feromônio que indica a trilha percorrida por elas (Composto A). Quando apresentem o perigo, expelem um feromônio de alarme (Composto B), que serve de sinal para um combate coletivo. O que diferencia cada um desses sinais utilizados pelas abelhas são as estruturas e funções orgânicas dos feromônios.



Composto A



Composto B

QUADROS, A. L. Os feromônios e o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 7, maio 1998. (Adapt.)

As funções orgânicas que caracterizam os feromônios de trilha e de alarme são, respectivamente,

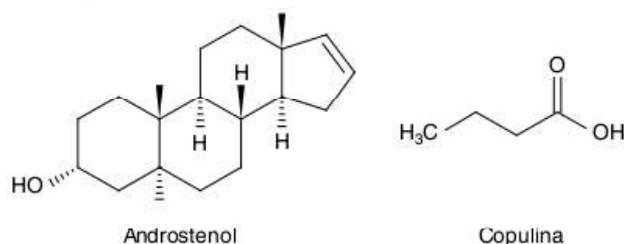
- (a) álcool e éster. (d) enol e ácido carboxílico.
 (b) aldeído e cetona. (e) ácido carboxílico e amida.
 (c) éter e hidrocarboneto.

39 Fatec 2017 Leia o texto.

Feromônios são substâncias químicas secretadas pelos indivíduos que permitem a comunicação com outros seres vivos. Nos seres humanos, há evidências de que algumas substâncias, como o androstenol e a copulina, atuam como feromônios.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/hqfrxb>>. Acesso em: 17 set. 2016. (Adapt.)

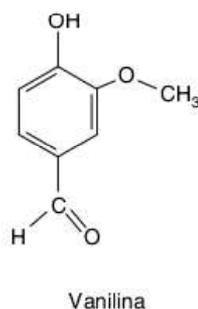
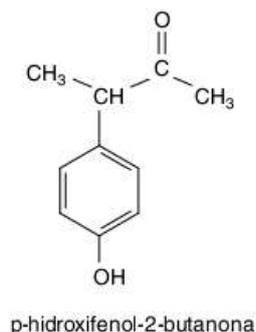
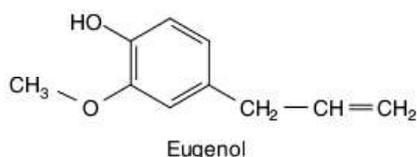
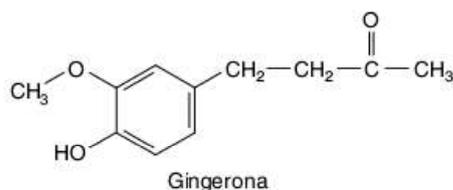
As fórmulas estruturais do androstenol e da copulina encontram-se representadas:



As funções orgânicas oxigenadas encontradas no androstenol e na copulina são, respectivamente,

- (a) fenol e ácido carboxílico. (d) álcool e cetona.
 (b) álcool e ácido carboxílico. (e) fenol e éster.
 (c) álcool e aldeído.

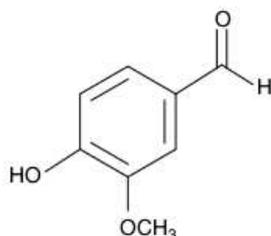
40 PUC-SP Os aromas e sabores dos alimentos são essenciais para nossa cultura na escolha, no preparo e na degustação dos alimentos. A seguir, estão representadas algumas das substâncias responsáveis pelas sensações características do gengibre, da framboesa, do cravo e da baunilha.



A função química presente nas quatro estruturas representadas é:

- (a) éster. (d) aldeído.
 (b) álcool. (e) fenol.
 (c) cetona.

41 Unisc 2017 A vanilina (fórmula a seguir),



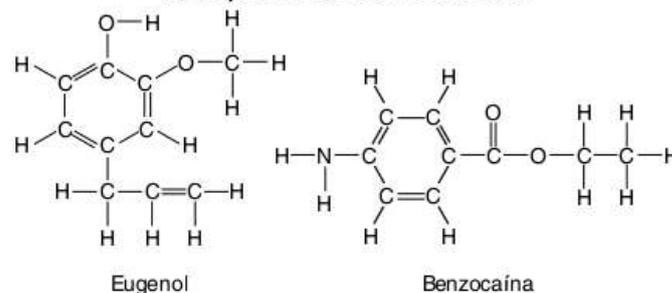
é o composto principal do aroma essencial da baunilha, largamente empregada como aromatizante em alimentos. Em sua estrutura química, observa-se a presença dos grupos funcionais das funções químicas

- (a) cetona, éster e fenol. (d) fenol, aldeído e éter.
 (b) cetona, álcool e fenol. (e) álcool, aldeído e éter.
 (c) fenol, cetona, éter.

42 IFPE 2016 Extrair um dente é um procedimento que não requer anestesia geral, sendo utilizados, nesses casos, os anestésicos locais, substâncias que insensibilizam o tato de uma região e, dessa forma, eliminam a sensação de dor. Você já pode ter entrado em contato com eles no dentista ou se o médico lhe receitou pomada para aliviar a dor de queimaduras.

Exemplos de anestésicos locais são o eugenol e a benzocaína, cujas fórmulas estruturais aparecem a seguir.

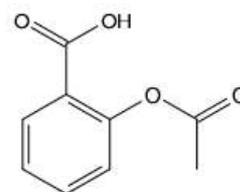
Exemplos de anestésicos locais



Sobre as estruturas acima, é **correto** afirmar que

- (a) o eugenol representa um hidrocarboneto insaturado.
 (b) a benzocaína possui uma estrutura saturada e homogênea.
 (c) as duas estruturas representam hidrocarbonetos insaturados e heterogêneos.
 (d) se verifica a presença de um grupo funcional ácido carboxílico no eugenol.
 (e) a benzocaína possui um grupo funcional amina e uma estrutura insaturada.

43 PUC-Rio O ácido acetilsalicílico (figura a seguir), mais conhecido como aspirina, é uma das substâncias de propriedades analgésicas mais consumidas no mundo.



Assinale a alternativa que contém os grupos funcionais presentes na molécula da aspirina e a faixa de pH característica de uma solução aquosa dessa substância a 25 °C.

- (a) Ácido carboxílico, éster, pH < 7.
 (b) Cetona, éter, pH = 7.
 (c) Aldeído, ácido carboxílico, pH > 7.
 (d) Amina, amida, pH = 7.
 (e) Éster, éter, pH < 7.

44 IFsul 2016 Uma substância orgânica que apresenta fórmula molecular $C_2H_4O_2$ deve ser classificada como

- (a) éter.
 (b) ácido.
 (c) álcool.
 (d) aldeído.

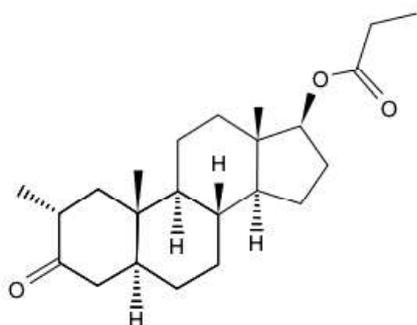
Texto para a questão 45.

Considere o texto abaixo para responder à questão a seguir.

Anderson Silva ainda não deu sua versão sobre ter sido flagrado no exame antidoping, conforme divulgado na noite de terça-feira. O fato é que a drostanolona, substância encontrada em seu organismo, serve para aumentar a potência muscular – e traz uma série de problemas a curto e longo prazos.

Disponível em: <<http://sportv.globo.com/site/combate/noticia/2015/02/medica-explica-substancia-em-exame-de-anderson-silva-drostanolona.html>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

45 FMP 2016 O Propionato de Drostanolona é um esteroide, também conhecido pelo nome comercial Masteron, preferido entre os fisiculturistas, por apresentar uma série de vantagens sobre outras drogas sintéticas. Sua fórmula estrutural é



e apresenta as seguintes funções orgânicas:

- (a) aldeído e ácido carboxílico (d) éster e fenol
(b) aldeído e éter (e) éster e cetona
(c) éter e cetona

46 Fuvest As figuras abaixo representam moléculas constituídas de carbono, hidrogênio e oxigênio.



Elas são, respectivamente:

- (a) etanoato de metila, propanona e 2-propanol.
(b) 2-propanol, propanona e etanoato de metila.
(c) 2-propanol, etanoato de metila e propanona.
(d) propanona, etanoato de metila e 2-propanol.
(e) propanona, 2-propanol e etanoato de metila.

Texto para a questão 47.

Leia o texto para responder à questão.

Experiência – Escrever uma mensagem secreta
no laboratório

Materiais e Reagentes Necessários

- Folha de papel
- Pincel fino
- Difusor

– Solução de fenolftaleína

– Solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L ou solução saturada de hidróxido de cálcio

Procedimento Experimental

Utilizando uma solução incolor de fenolftaleína, escreva com um pincel fino uma mensagem numa folha de papel.

A mensagem permanecerá invisível.

Para revelar essa mensagem, borrife a folha de papel com uma solução de hidróxido de sódio ou de cálcio, com o auxílio de um difusor.

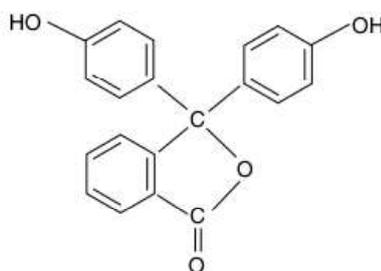
A mensagem aparecerá magicamente com a cor vermelha.

Explicação

A fenolftaleína é um indicador que fica vermelho na presença de soluções básicas; nesse caso, uma solução de hidróxido de sódio ou de cálcio.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/o2vav8v>>. Acesso em: 31 ago. 2015. (Adapt.)

47 Fatec 2016 Observe a estrutura da fenolftaleína.



Além da função fenol, identificamos o grupo funcional pertencente à função

- (a) ácido carboxílico. (d) éster.
(b) aldeído. (e) éter.
(c) álcool.

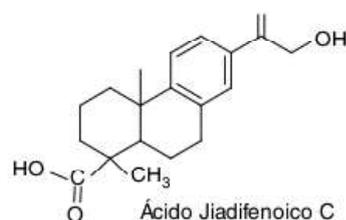
Texto para a questão 48.

Leia o texto para responder à questão.

A torta do algodão, subproduto da extração do óleo das sementes, contém proteínas e energia, e pode ser usada para alimentação de animais. Entretanto, o uso é limitado devido à presença de gossipol entre os componentes da torta.

“Uso de subprodutos de algodão na nutrição de ruminantes”, 2010. Disponível em: <www.RCVT.org.br>. (Adapt.)

48 UFJF 2015 A seguir, está representada a estrutura química do ácido Jiadifênico C, um potente antiviral de origem terpênica.



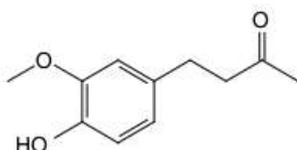
Sobre a estrutura do ácido Jiadifenoico C, são feitas as seguintes afirmações:

- I. notam-se nove átomos de carbonos com hibridização sp^2 .
- II. as funções orgânicas oxigenadas presentes são álcool e éster.
- III. o composto possui cinco átomos de carbono quaternário.
- IV. sua fórmula molecular é $C_{20}H_{26}O_3$.

Assinale a alternativa **correta**.

- (a) Apenas as afirmações I, II e IV são verdadeiras.
- (b) Apenas as afirmações I e IV são verdadeiras.
- (c) Apenas as afirmações I e III são verdadeiras.
- (d) Apenas as afirmações II, III e IV são verdadeiras.
- (e) Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.

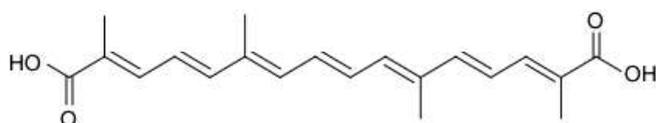
49 PUC-MG A gingerona é um componente do gengibre-ri-zoma (ou caule subterrâneo) do *Zingiber Officinale*, de fórmula:



Ele apresenta grupos funcionais de:

- (a) éter, fenol e cetona.
- (b) fenol, éster e aldeído.
- (c) álcool, éster e aldeído.
- (d) álcool, éter e cetona.

50 PUC-Rio 2015 A seguir está representada a estrutura da crocetina, uma substância natural encontrada no açafrão.



Nessa estrutura, está presente a seguinte função orgânica:

- (a) álcool.
- (b) cetona.
- (c) aldeído.
- (d) éter.
- (e) ácido carboxílico.

51 PUC-RS Flavorizantes artificiais procuram imitar o sabor e o aroma de alimentos produzidos artificialmente. Dentre esses compostos sintéticos, destacam-se os ésteres. Um exemplo de éster que pode ser usado como aditivo alimentar é:

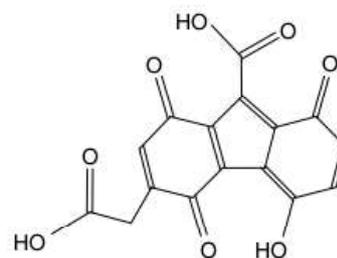
- (a) CH_3COOH
- (b) $CH_3CH_2COCH_2CH_3$
- (c) $CH_3CH_2CH_2OH$
- (d) $CH_3CH_2CH_2COOCH_2CH_3$
- (e) $C_6H_5OCH_3$

52 UEMA 2015 A bactéria anaeróbia *Clostridium botulinum* é um habitante natural do solo que se introduz nos alimentos enlatados mal preparados e provoca o botulismo. Ela é absorvida no aparelho digestivo e, cerca de 24 horas após a ingestão do alimento contaminado, começa a agir sobre o sistema nervoso periférico causando vômitos, constipação intestinal, paralisia ocular e afonia. Uma medida preventiva contra esse tipo de intoxicação é não consumir conservas alimentícias que apresentem a lata estufada e odor de ranço, devido à formação da substância $CH_3CH_2CH_2COOH$.

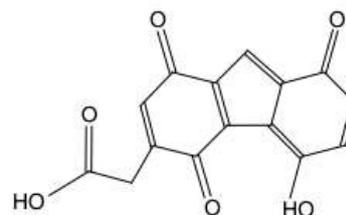
O composto químico identificado, no texto, é classificado como

- (a) cetona.
- (b) aldeído.
- (c) ácido carboxílico.
- (d) éster.
- (e) éter.

53 Uerj 2015 Na pele dos hipopótamos, encontra-se um tipo de protetor solar natural que contém os ácidos hipossudórico e nor-hipossudórico. O ácido hipossudórico possui ação protetora mais eficaz, devido à maior quantidade de um determinado grupamento presente em sua molécula, quando comparado com o ácido nor-hipossudórico, como se observa nas representações estruturais a seguir.



Ácido hipossudórico



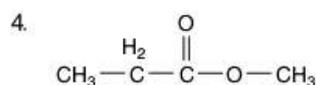
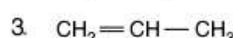
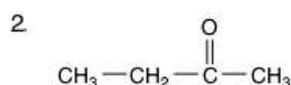
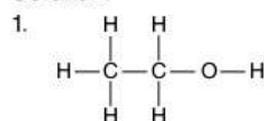
Ácido nor-hipossudórico

O grupamento responsável pelo efeito protetor mais eficaz é denominado:

- (a) nitrila
- (b) hidroxila
- (c) carbonila
- (d) carboxila

54 Imed 2015 Relacione os compostos orgânicos da Coluna 1 com o nome das suas respectivas funções orgânicas na Coluna 2.

Coluna 1



Coluna 2

Éter.

Alceno.

Éster.

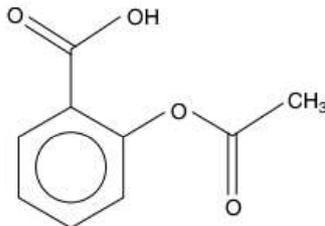
Cetona.

Alcool.

A ordem correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

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

55 Espcex 2015 A Aspirina foi um dos primeiros medicamentos sintéticos desenvolvido e ainda é um dos fármacos mais consumidos no mundo. Contém como princípio ativo o Ácido Acetilsalicílico (AAS), um analgésico e antipirético, de fórmula estrutural plana simplificada mostrada abaixo:



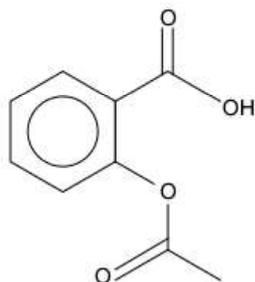
Fórmula estrutural plana do Ácido Acetilsalicílico

Considerando a fórmula estrutural plana simplificada do AAS, a alternativa que apresenta corretamente a fórmula molecular do composto e os grupos funcionais orgânicos presentes na estrutura é:

- (a) C₉H₈O₄; amina e ácido carboxílico.
 (b) C₁₀H₈O₄; éster e ácido carboxílico.
 (c) C₉H₄O₄; ácido carboxílico e éter.
 (d) C₁₀H₈O₄; éster e álcool.
 (e) C₉H₈O₄; éster e ácido carboxílico.

Texto para a questão 56.

Observe o remédio a seguir e sua composição para responder à questão.



Aspirina

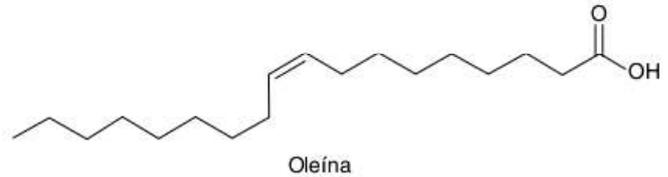
Disponível em: <<http://www.aspirina-ca.com/scripts/pages/es/home/index.php>>. Acesso em: 15 abr. 2015. (Adapt.)

56 IFSul 2015 Quais as funções orgânicas presentes no composto acima?

- (a) Ácido carboxílico e éster.
 (b) Ácido carboxílico e fenol.
 (c) Álcool e hidrocarboneto aromático.
 (d) Aldeído e ácido carboxílico.

Texto para a questão 57.

O óleo da amêndoa da andiroba, árvore de grande porte encontrada na região da Floresta Amazônica, tem aplicações medicinais como antisséptico, cicatrizante e anti-inflamatório. Um dos principais constituintes desse óleo é a oleína, cuja estrutura química está representada a seguir.



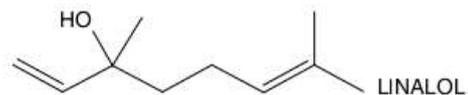
Oleína

57 UEA 2014 Na estrutura da oleína são encontrados grupos funcionais característicos da função orgânica

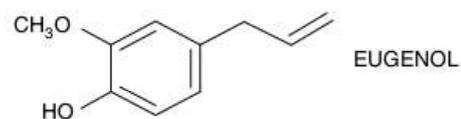
- (a) ácido carboxílico.
 (b) álcool.
 (c) cetona.
 (d) aldeído.
 (e) éster.

58 UEMG 2013 Óleos essenciais são compostos aromáticos voláteis extraídos de plantas aromáticas por processos de destilação, compressão de frutos ou extração com o uso de solventes. Geralmente, são altamente complexos, compostos às vezes de mais de uma centena de componentes químicos. São encontrados em pequenas bolsas (glândulas secretoras) existentes na superfície de folhas, flores ou no interior de talos, cascas e raízes.

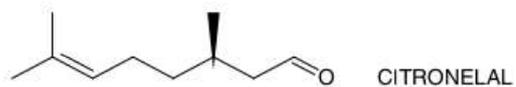
As fórmulas estruturais de alguns componentes de óleos essenciais, responsáveis pelo aroma de certas ervas e flores, são:



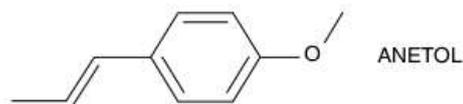
LINALOL



EUGENOL



CITRONELAL

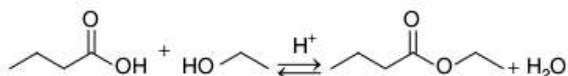


ANETOL

Em relação a esses compostos, é **correto** afirmar que

- (a) o linalol e o citronelal possuem mesma fórmula molecular.
 (b) o linalol é um álcool de cadeia carbônica não ramificada.
 (c) os óleos essenciais são compostos que possuem altas temperaturas de ebulição.
 (d) o citronelal é um ácido carboxílico de cadeia carbônica saturada.

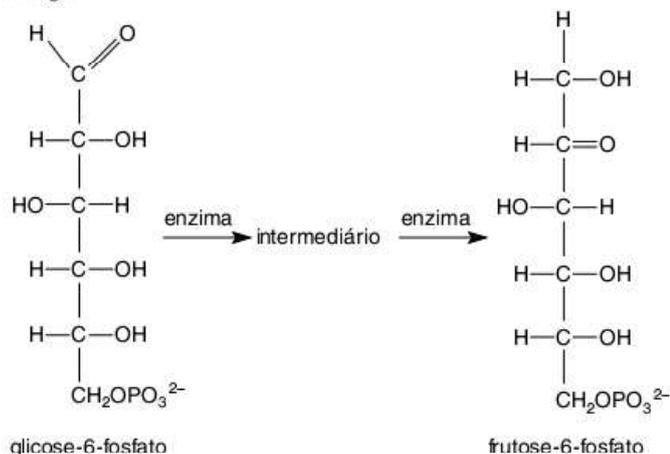
59 Uerj 2013 Um produto industrial consiste na substância orgânica formada no sentido direto do equilíbrio químico representado pela seguinte equação:



A função orgânica desse produto é:

- (a) éster (c) aldeído
(b) cetona (d) hidrocarboneto

60 UFG 2013 No início da glicólise, a glicose na forma cíclica é fosforilada. A seguir, uma enzima promove a abertura do anel e uma transformação de grupo funcional, seguida de fechamento de anel, produzindo a frutose-6-fosfato. A sequência de transformação dos grupos funcionais está apresentada a seguir.

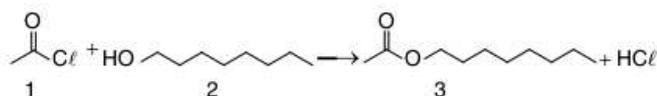


Nesse sentido, conclui-se que a transformação de um dos grupos funcionais envolve a conversão de

- (a) um álcool em éter. (d) um aldeído em cetona.
(b) um álcool em cetona. (e) uma cetona em éter.
(c) um aldeído em éter.

Texto para a questão 61.

Substâncias químicas de interesse industrial podem ser obtidas por meio de extração de plantas, produzidas por micro-organismos, sintetizadas em laboratórios, entre outros processos de obtenção. Abaixo é apresentado um esquema de reação para obtenção de uma substância utilizada como flavorizante na indústria de alimentos.



61 UFPA 2013 A nomenclatura segundo a Iupac e a função química a que pertence a substância 3 são, respectivamente,

- (a) propanoato de n-nonila e aldeído.
(b) etanoato de n-octila e éster.
(c) metanoato de n-decila e cetona.

- (d) etanoato de n-decila e éster.
(e) metanoato de n-heptila e cetona.

Texto para a questão 62

Xote ecológico

*Não posso respirar, não posso mais nadar
A terra está morrendo, não dá mais pra plantar*

Se planta não nasce se nasce não dá

Até pinga da boa é difícil de encontrar

Cadê a flor que estava aqui?

Poluição comeu.

E o peixe que é do mar?

Poluição comeu

E o verde onde que está?

Poluição comeu

Nem o Chico Mendes sobreviveu

Composição: Luiz Gonzaga.

Do texto, a letra de música composta por Luiz Gonzaga, pode-se observar a preocupação do autor com o meio ambiente e o efeito da degradação deste na qualidade de um produto tipicamente brasileiro, a cachaça.

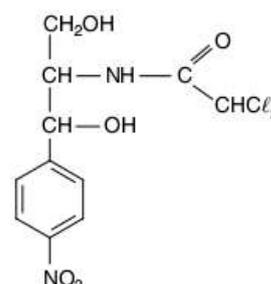
62 UEPB 2013 Dos produtos que podem ser componentes da cachaça, podem ser encontrados butano-1,4-diol, ácido acético, isobutanol e heptanoato de etila. A qual sequência de funções orgânicas, respectivamente, pertencem estes compostos?

- (a) Fenol, éster carboxílico, enol e anidrido ácido.
(b) Éster, éster carboxílico, fenol e éster.
(c) Fenol, ácido carboxílico, álcool e éster.
(d) Álcool, ácido carboxílico, álcool e éster.
(e) Álcool, ácido carboxílico, enol e sal de ácido carboxílico.

63 UFTM 2013 A acroleína, CH_2CHCHO , é uma substância muito tóxica e cancerígena. Ela se forma em diversos tipos de transformações químicas, entre elas as que ocorrem quando um óleo vegetal é reutilizado por diversas vezes em frituras. A acroleína é um

- (a) ácido carboxílico insaturado. (d) aldeído insaturado.
(b) álcool saturado. (e) aldeído saturado.
(c) ácido carboxílico saturado.

64 PUC-MG 2015 A estrutura do cloranfenicol, antibiótico de elevado espectro de ação, encontra-se apresentada abaixo:



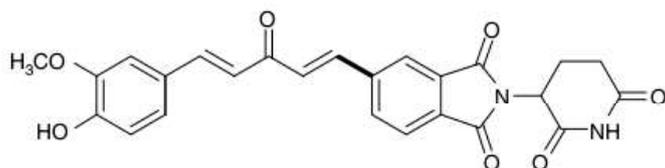
Sobre o cloranfenicol, fazem-se as seguintes afirmativas:

- I. Apresenta 6 carbonos sp^2 e 4 carbonos sp^3 .
- II. Possui a função amida em sua estrutura.
- III. Sua fórmula molecular é $C_{11}H_{12}O_5N_2Cl_2$.
- IV. É um hidrocarboneto alifático e ramificado.
- V. Possui a função nitrila em sua estrutura.

São **incorretas** as afirmativas:

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

65 UFRGS 2014 Recentemente, cientistas sintetizaram um híbrido curcumin-talidomida. A estrutura desse híbrido está mostrada abaixo, em que a parte à esquerda da ligação em negrito vem do curcumin, e a parte à direita vem da talidomida. Essa combinação permitiu obter um composto muito mais eficaz contra células cancerosas que o curcumin ou a talidomida sozinhos, ou que uma mistura dos dois.

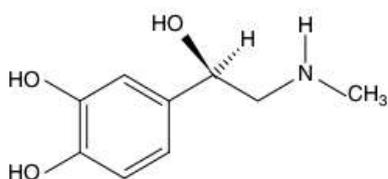


Híbrido curcumin-talidomida

As funções orgânicas presentes na estrutura desse híbrido são

- (a) hidroxila fenólica, éter e cetona.
- (b) amina, éster e hidroxila fenólica.
- (c) amida, éster e cetona.
- (d) amida, hidroxila fenólica e éster.
- (e) ácido carboxílico, amina e cetona.

66 UFPA 2016 Na adrenalina, fórmula estrutural dada abaixo,

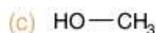
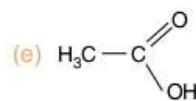
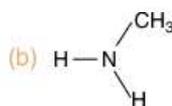
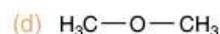
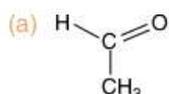


as funções orgânicas presentes são

- (a) álcool e éter.
- (b) éster e fenol.
- (c) fenol e cetona.
- (d) álcool, fenol e amina.
- (e) fenol, amida e álcool.

67 IFBA 2016 Observe as substâncias e as funções orgânicas a seguir:

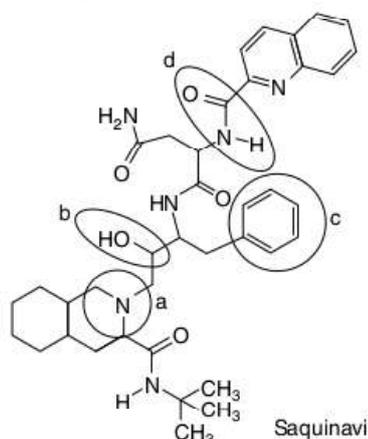
- I. Ácido carboxílico
- II. Aldeído
- III. Álcool
- IV. Amina
- V. Éter



A relação correta entre elas está representada na sequência

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

68 UFJF 2016 O saquinavir é um fármaco administrado a pessoas que possuem Sida (síndrome de imunodeficiência adquirida – Aids) e é capaz de inibir a HIV-protease do vírus evitando sua maturação.

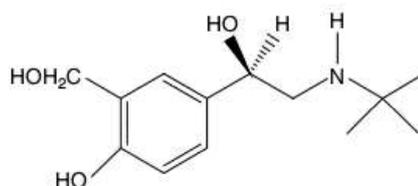


Saquinavir

As funções orgânicas destacadas em a, b, c e d representam, respectivamente:

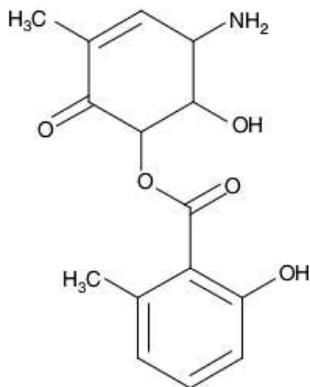
- (a) Amida, álcool, anel aromático e amina.
- (b) Amina, álcool, anel aromático e amida.
- (c) Amina, fenol, alcano e amida.
- (d) Amina, fenol, anel aromático e amida.
- (e) Amida, álcool, alcano e anel amina.

69 UEPG 2015 Com relação à estrutura abaixo, assinale o que for **correto**.



- 01) Apresenta seis carbonos sp^2 e sete carbonos sp^3 .
- 02) Sua fórmula molecular é $C_{14}H_{19}O_3$.
- 04) É possível reconhecer uma amina secundária no composto.
- 08) Os grupos funcionais presentes na estrutura são: fenol, álcool e amina.

70 UFJF 2015 O composto a seguir, representado por sua estrutura química, é um metabólito importante de espécies de *Leishmania*.



As seguintes afirmações são feitas a respeito desse composto:

- I. sua massa molar é igual a 291 g/mol.
- II. o carbono diretamente ligado à função orgânica amina é classificado como secundário.
- III. todos os átomos de carbonos externos aos dois ciclos possuem hibridização sp^3 .
- IV. sua estrutura química apresenta apenas um átomo de carbono quaternário.

Assinale a alternativa **correta**.

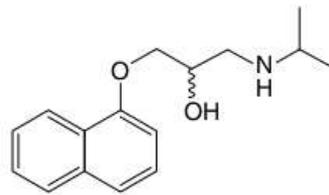
- (a) Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
- (b) Apenas as afirmações II e IV são verdadeiras.
- (c) Apenas as afirmações I, III e IV são verdadeiras.
- (d) Apenas as afirmações II, III e IV são verdadeiras.
- (e) Apenas as afirmações II e III são verdadeiras.

71 UPF 2015 Com relação às aminas, assinale a alternativa **correta**.

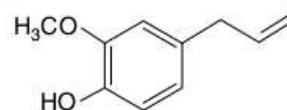
- (a) Amina é todo composto orgânico derivado da amônia pela substituição de um, dois ou três nitrogênios por substituintes orgânicos.
- (b) Aminas apresentam comportamento ácido em razão de terem, em sua composição, um átomo de nitrogênio que pode compartilhar seu par isolado.
- (c) Aminas aromáticas apresentam comportamento básico mais acentuado do que as aminas alifáticas devido ao par de elétrons livres do átomo de nitrogênio entrar em ressonância com os elétrons do anel aromático.
- (d) Aminas são compostos polares; as aminas primárias e as secundárias podem fazer ligações de hidrogênio, o que não ocorre com as terciárias.
- (e) O composto butan-1-amina apresenta 4 átomos de carbono em sua estrutura e tem o átomo de nitrogênio entre átomos de carbono, como heteroátomo.

72 Uece 2015 Cada alternativa a seguir apresenta a estrutura de uma substância orgânica aplicada na área da medicina. Assinale a opção que associa corretamente a estrutura a suas funções orgânicas.

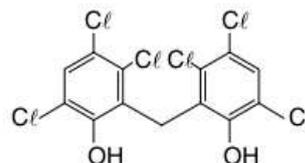
- (a) O propranolol, fármaco anti-hipertensivo indicado para o tratamento e prevenção do infarto do miocárdio, contém as seguintes funções orgânicas: álcool e amida.



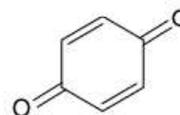
- (b) O eugenol, que possui efeitos medicinais que auxiliam no tratamento de náuseas, flatulências, indigestão e diarreia, contém a função éter.



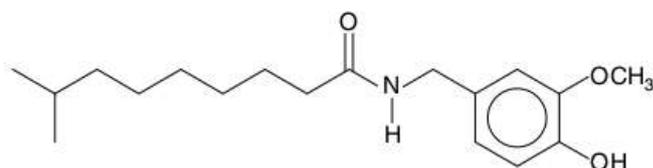
- (c) O composto abaixo é um antisséptico que possui ação bacteriostática e detergente, e pertence à família dos álcoois aromáticos.



- (d) O *p*-benzoquinona, usado como oxidante em síntese orgânica, é um éster cíclico.



73 PUC-Rio 2015 A seguir está representada a estrutura da di-hidrocapsaicina, uma substância comumente encontrada em pimentas e pimentões.



Na di-hidrocapsaicina, está presente, entre outras, a função orgânica

- (a) álcool.
- (b) amina.
- (c) amida.
- (d) éster.
- (e) aldeído.

74 UEMG 2015

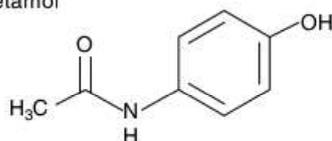
Anvisa suspende lote de paracetamol e de outros 3 remédios de laboratório

Quatro medicamentos produzidos por um laboratório brasileiro tiveram lotes suspensos por determinação da Anvisa e as decisões foram publicadas no Diário Oficial da União nesta quarta-feira. Dentre eles, o Paracetamol 500 mg, com validade para 11/2015, foi suspenso depois que um consumidor contactou o Procon para denunciar que havia um parafuso no lugar de um dos comprimidos, em uma das cartelas do medicamento. Após notificação do Procon, o laboratório já iniciou o recolhimento voluntário do lote, que foi distribuído em Goiás, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. O medicamento Cetoconazol 200 mg, indicado para tratamentos de infecções por fungos ou leveduras, teve suspenso o lote com validade para 06/2015. O motivo da suspensão foi uma queixa de um consumidor feita ao SAC do laboratório afirmando que encontrou um outro medicamento, o Atenolol 100 mg, na cartela do Cetoconazol. O atenolol é indicado para o controle de hipertensão arterial. O lote foi distribuído em Goiás, Amazonas, Alagoas, Bahia, Minas Gerais, Pará, Rio de Janeiro e São Paulo.

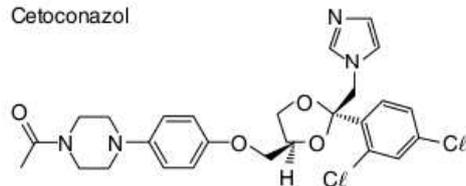
Disponível em: <<http://www.g1.globo.com>>. Acesso em: 20 ago. 2014.

As estruturas do paracetamol, do cetoconazol e do atenolol são mostradas a seguir:

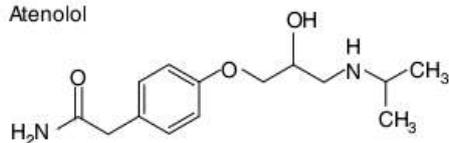
Paracetamol



Cetoconazol



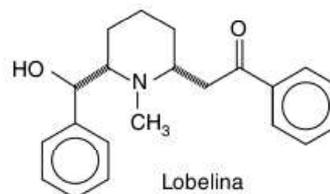
Atenolol



Apesar de serem indicadas para diferentes tratamentos, as três substâncias citadas apresentam, em comum, o grupo funcional

- (a) fenol. (c) amida.
(b) amina. (d) álcool.

75 Uepa 2015 A imensa flora das Américas deu significativas contribuições à terapêutica, como a descoberta da lobelina (figura abaixo), molécula polifuncionalizada isolada da planta *Lobelianicotinaefolia* e usada por tribos indígenas que fumavam suas folhas secas para aliviar os sintomas da asma.

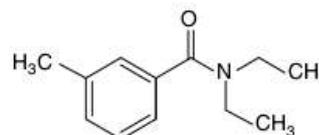


Lobelina

Sobre a estrutura química da lobelina, é correto afirmar que:

- (a) possui uma amina terciária
(b) possui um aldeído
(c) possui um carbono primário
(d) possui uma amida
(e) possui um fenol

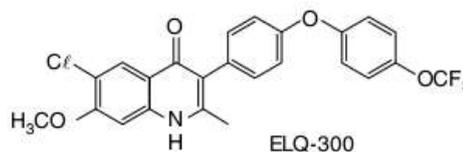
76 Uece 2015 Em 2015, a dengue tem aumentado muito no Brasil. De acordo com o Ministério da Saúde, no período de 4 de janeiro a 18 de abril de 2015, foram registrados 745.957 casos notificados de dengue no País. A região Sudeste teve o maior número de casos notificados (489.636 casos; 65,6%) em relação ao total do País, seguida da região Nordeste (97.591 casos; 13,1%). A forma mais grave da enfermidade pode ser mortal: nesse período, teve-se a confirmação de 229 óbitos, o que representa um aumento de 45% em comparação com o mesmo período de 2014. São recomendados contra o *Aedes aegypti* repelentes baseados no composto químico que apresenta a seguinte fórmula estrutural:



Pela nomenclatura da Iupac, o nome correto desse composto é

- (a) N,N-Dimetil-3-metilbenzamida.
(b) N,N-Dietil-benzamida.
(c) N,N-Dimetil-benzamida.
(d) N,N-Dietil-3-metilbenzamida.

77 UFRGS 2015 O ELQ-300 faz parte de uma nova classe de drogas para o tratamento de malária. Testes mostraram que o ELQ-300 é muito superior aos medicamentos usados atualmente no quesito de desenvolvimento de resistência pelo parasita.



ELQ-300

São funções orgânicas presentes no ELQ-300

- (a) amina e cetona.
(b) amina e éster.
(c) amida e cetona.
(d) cetona e éster.
(e) éter e ácido carboxílico.

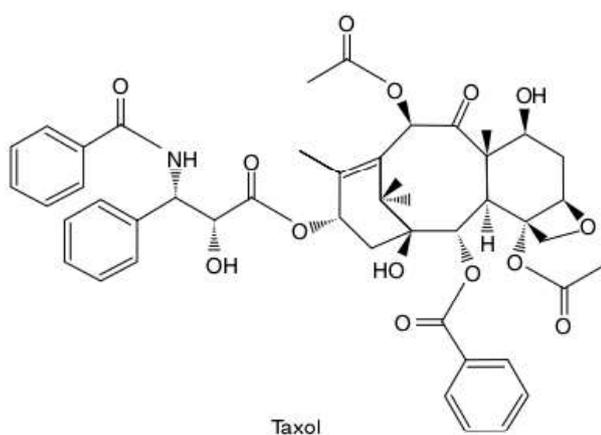
78 UFSM 2015 Em busca de novas drogas para a cura do câncer, cientistas, no início da década de 1960, desenvolveram um programa para analisar ativos em amostras de material vegetal. Dentre as amostras, encontrava-se o extrato da casca do teixo-do-pacífico, *Taxus brevifolia*. Esse extrato mostrou-se bastante eficaz no tratamento de câncer de ovário e de mama.

No entanto, a árvore apresenta crescimento muito lento e, para a produção de 1.000 g de taxol, são necessárias as cascas de 3.000 árvores de teixo de 100 anos, ou seja, para tratar de um paciente com câncer, seria necessário o corte e processamento de 6 árvores centenárias.

O notável sucesso do taxol no tratamento do câncer estimulou esforços para isolar e sintetizar novas substâncias que possam curar doenças e que sejam ainda mais eficazes que essa droga.

BETTELHEIM, F. A. *Introdução à química geral, orgânica e bioquímica*. São Paulo: Saraiva, 2012. p. 276.

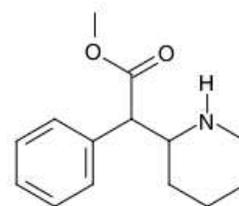
Observe, então, a estrutura:



Observando a molécula do taxol, é **correto** afirmar que, dentre as funções orgânicas presentes, estão

- (a) álcool, amida e éster.
- (b) cetona, fenol e éster.
- (c) amida, ácido carboxílico e cetona.
- (d) álcool, ácido carboxílico e éter.
- (e) éter, éster e amina.

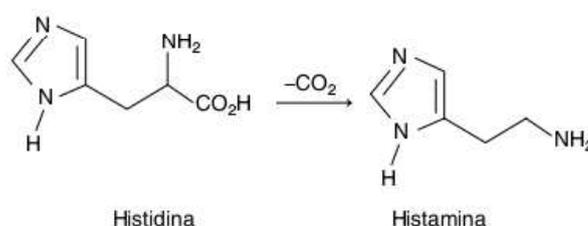
79 UCS 2015 Em dez anos, a importação e a produção de **metilfenidato** – mais conhecido como *ritalina*, cresceram 373% no País. A maior disponibilidade do medicamento no mercado nacional impulsionou um aumento de 775% no consumo da droga, usada no tratamento do transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). O remédio é usado principalmente em crianças e adolescentes, os mais afetados pelo transtorno. Para especialistas, a alta no uso do medicamento reflete maior conhecimento da doença e aumento de diagnósticos, mas também levanta o alerta de uso indevido da substância, até por pessoas saudáveis que buscam “aumentar” o rendimento em atividades intelectuais. A estrutura química do **metilfenidato** encontra-se representada abaixo.



Assinale a alternativa correta sobre a molécula do metilfenidato.

- (a) Possui as funções orgânicas amina, ácido carboxílico e fenol.
- (b) Apresenta quatro átomos de carbono terciários.
- (c) É um hidrocarboneto alifático com núcleos condensados.
- (d) Possui ligações π em ressonância.
- (e) Apresenta quatro átomos de carbono hibridizados na forma sp^2 .

80 PUC-Rio 2014 A histamina é uma substância que pode ser encontrada no organismo humano, proveniente da descarboxilação da histidina, conforme representado a seguir.

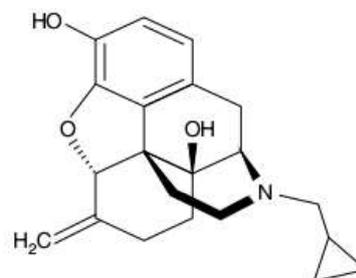


Nas estruturas de histidina e histamina, estão presentes as funções orgânicas:

- (a) amida e amina.
- (b) aldeído e amina.
- (c) aldeído e amida.
- (d) ácido carboxílico e amina.
- (e) ácido carboxílico e amida.

81 Acafe 2014 No jornal *Folha de S. Paulo*, de 5 de novembro de 2013, foi publicada uma reportagem sobre um medicamento que é uma nova esperança contra o alcoolismo: “[...] O nalmefeno ajudou dependentes a reduzir o consumo de álcool em 60% inibindo a sensação de euforia causada pelo álcool e reduzindo, assim, a vontade de continuar bebendo. [...]”.

Fórmula estrutural da molécula de nalmefeno:



Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos é correto afirmar, **exceto**:

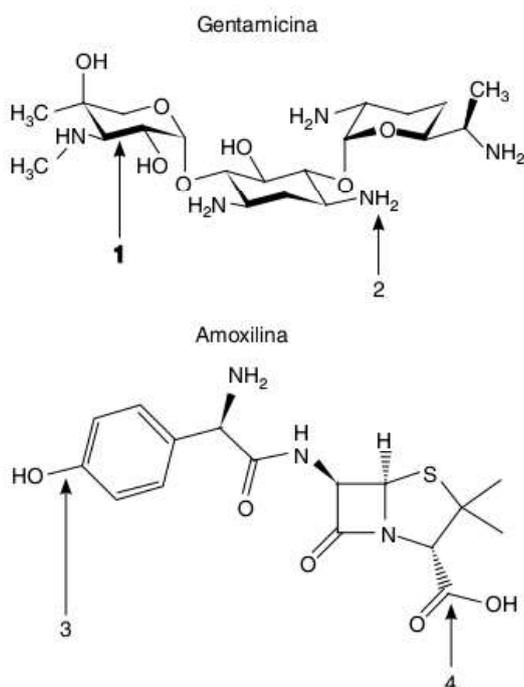
- (a) Na molécula de nalmefeno existe a função química álcool.
- (b) Na molécula de nalmefeno existe a função química amina.
- (c) Na molécula de nalmefeno existe a função química éster.
- (d) Na molécula de nalmefeno existe a função química fenol.

82 Uece 2014 O propano e o butano, que constituem o gás liquefeito do petróleo, são gases inodoros. Contudo, o cheiro característico do chamado “gás butano” existente em nossas cozinhas deve-se à presença de várias substâncias, dentre as quais o butilmercaptana, que é adicionado ao gás para alertar-nos quanto a possíveis vazamentos.

- Sobre o butilmercaptana, cuja fórmula estrutural é $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{S} - \text{H}$, é correto afirmar-se que
- devido à presença do enxofre, sua cadeia carbônica é heterogênea.
 - a hibridização que ocorre no carbono dos grupos CH_2 é do tipo sp^2 .
 - sua função orgânica é denominada de tiol.
 - pertence à família dos hidrocarbonetos.

83 PUC-RS 2014 Analise as informações a seguir.

O uso de antibióticos é um dos grandes recursos da medicina moderna para o tratamento de infecções bacterianas. Há várias classes de antibióticos atualmente em uso, e a cada ano novas fórmulas são apresentadas, tendo em vista o desenvolvimento progressivo de resistência entre as variedades de bactérias. As fórmulas estruturais abaixo mostram dois antibióticos de uso comum, a gentamicina e a amoxicilina. As setas 1, 2, 3 e 4 indicam diferentes características ou grupos funcionais presentes nas moléculas.



As setas 1, 2, 3 e 4 indicam, respectivamente:

- anel aromático – amina – álcool – alceno.
- anel não aromático – éter – fenol – cetona.
- anel aromático – amida – álcool – aldeído.
- anel não aromático – amina – fenol – ácido carboxílico.
- anel aromático – éter – álcool – éster.

84 UFG 2014 Leia a cantiga popular a seguir, conhecida como “O Pastorzinho”.

*Havia um pastorzinho que andava a pastorear
saiu de sua casa e pôs-se a cantar.
dó, ré, mi, fá fá fá
dó ré do ré re re
do sol fá mi mi mi
do re mi fá fá fá
Chegando ao palácio a princesa lhe falou
dizendo ao pastorzinho que o seu canto lhe agradou
sol lá si do dó dó
sol la sol la, la la
sol re do si si si
sol la si do do do*

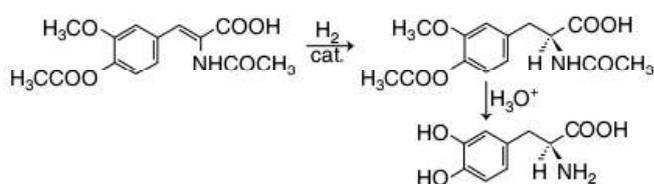
As notas musicais dessa cantiga foram organizadas de modo a representar um grupo funcional, conforme demonstrado a seguir.

Notas Musicais	Simbologia Química
Dó ou do	— OH
Ré ou re	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}$
Mi	— CH_3
Fá ou fa	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2 \\ \end{array}$
Sol	— NH_2
Lá ou la	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ -\text{C} \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Si	$\begin{array}{c} \\ -\text{C}- \\ \end{array}$

Ante o exposto, os versos que contêm notas musicais relacionadas aos grupos funcionais aminas, ácidos carboxílicos e álcoois estão descritos nas linhas

- 3 e 5.
- 3 e 6.
- 5 e 9.
- 6 e 11.
- 9 e 12.

85 UFG 2014 A L-DOPA é utilizada no tratamento do mal de Parkinson, e uma rota para sua síntese ocorre a partir de uma enamida, sendo ela um exemplo de síntese orgânica enantio-seletiva. As etapas simplificadas do processo estão apresentadas a seguir.



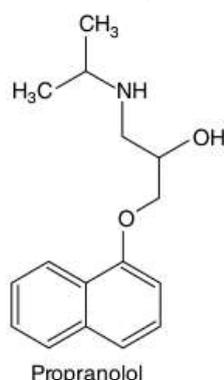
Considerando o exposto, conclui-se que, na última etapa da síntese, ocorre a remoção dos seguintes grupos:

- (a) CH_3CO ; NHCOCH_3 e COOH
- (b) CH_3 ; CH_3CO e COOH
- (c) CH_3CO ; NHCOCH_3 e CH_3
- (d) CH_3 ; NHCOCH_3 e CH_3CO
- (e) CH_3 ; CH_3CO e CH_3CO

Texto para a questão 86.

Em todos os jogos olímpicos há sempre uma grande preocupação do Comitê Olímpico em relação ao doping. Entre as classes de substâncias dopantes, os betabloqueadores atuam no organismo como diminuidores dos batimentos cardíacos e como antiangiolíticos.

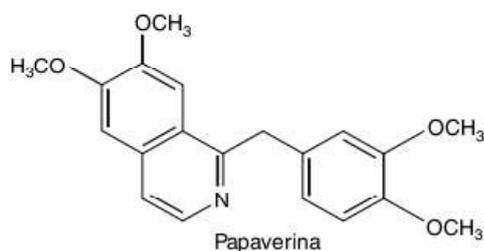
O propranolol foi um dos primeiros betabloqueadores de sucesso desenvolvidos e é uma substância proibida em jogos olímpicos.



86 Unesp 2014 A partir da análise da fórmula estrutural do propranolol, assinale a alternativa que apresenta corretamente sua fórmula molecular e as funções orgânicas presentes.

- (a) $\text{C}_{16}\text{H}_{21}\text{NO}_2$, amina, álcool e éter.
- (b) $\text{C}_{16}\text{H}_8\text{NO}_2$, amida, fenol e éter.
- (c) $\text{C}_{16}\text{H}_{21}\text{NO}_2$, amida, álcool e éter.
- (d) $\text{C}_{16}\text{H}_8\text{NO}_2$, amina, álcool e éster.
- (e) $\text{C}_{16}\text{H}_8\text{NO}_2$, amina, álcool e éter.

87 UFSM 2013 A biodiversidade do Brasil é considerada uma fonte de substâncias biologicamente ativas. Sua preservação é fundamental tanto pelo valor intrínseco dessa imensa riqueza biológica quanto pelo seu enorme potencial como fonte de novos fármacos. Plantas, animais, micro-organismos terrestres e marinhos têm sido a fonte de substâncias com atividade farmacológica. A maioria dos fármacos em uso clínico ou são de origem natural ou foram desenvolvidos por síntese química planejada a partir de produtos naturais. Por exemplo, o sildenafil usado no tratamento da disfunção erétil foi desenvolvido a partir do alcaloide papaverina.



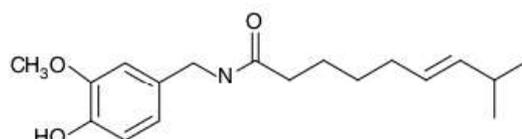
Quanto à estrutura molecular da papaverina, é correto afirmar que possui

- (a) cadeias alicíclicas heterogêneas.
- (b) ligações sigma entre carbono sp e carbono sp^2 .
- (c) anéis aromáticos e funções éter.
- (d) ligação pi entre carbonos sp^3 .
- (e) anéis saturados e função amida.

88 UEMG 2013 O composto químico capsaicina (8-metil-N-vanilil-1,6-nonamida) é o componente ativo das pimentas. É irritante para os mamíferos, uma vez que produz uma sensação de queimação em qualquer tecido com que entre em contato, entretanto as sementes das plantas *Capsicum* são dispersas por pássaros, nos quais a capsaicina age como analgésico, em vez de irritar.

A capsaicina e diversos componentes correlatos são conhecidos como capsaicinoides e são produzidos como um metabólito secundário pelas pimentas chili, provavelmente como barreiras contra os herbívoros. A capsaicina pura é um composto hidrofóbico, incolor, inodoro.

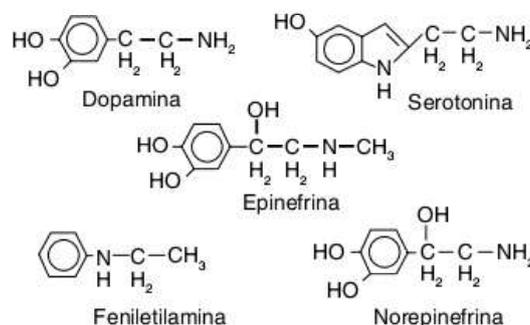
A fórmula estrutural plana da capsaicina está representada a seguir:



É correto afirmar que a capsaicina

- (a) possui as funções orgânicas éster, álcool e cetona.
- (b) é insolúvel em água.
- (c) é uma cadeia carbônica homogênea e saturada.
- (d) tem cor e odor característicos.

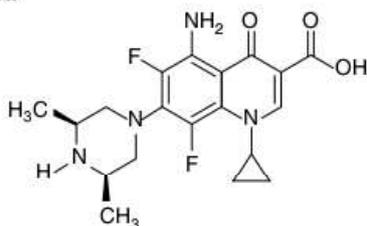
89 Fatec "O amor é química". Mãos suando, coração "palpitando", respiração pesada, olhar perdido. Esses sintomas são causados por um fluxo de substâncias químicas fabricadas no corpo da pessoa apaixonada. Dentre essas substâncias estão:



A função química comum às substâncias anteriormente mencionadas é:

- (a) fenol
- (b) benzeno
- (c) álcool
- (d) amida
- (e) amina

90 PUC-Rio 2013 A esparfloxacina é uma substância pertencente à classe das fluoroquinolonas, que possui atividade biológica comprovada.



Analise a estrutura e indique as funções orgânicas presentes:

- (a) amida e haleto orgânico.
- (b) amida e éster.
- (c) aldeído e cetona.
- (d) ácido carboxílico e aldeído.
- (e) ácido carboxílico e amina.

TEXTO COMPLEMENTAR

Nomenclatura de função mista

Quando um composto orgânico apresenta dois ou mais grupos funcionais diferentes, é denominado composto de função mista.

O método de escolha para nomear esse tipo de composto é o sistema de nomenclatura substitutiva, que, segundo a Iupac, deve seguir o modelo:

Prefixo + infixo + sufixo

Para nomear compostos de função mista, a Iupac produziu uma ordem de prioridade de grupos funcionais, conforme mostrado na tabela a seguir

Prioridade mais elevada		
	1	Ácido carboxílico
	2	Éster
	3	Amida
	4	Nitrila
	5	Aldeído
	6	Cetona
	7	Álcool e fenol
	8	Tiol
	9	Amina
	10	Éter
	11	Haleto orgânico
	Prioridade mais baixa	12

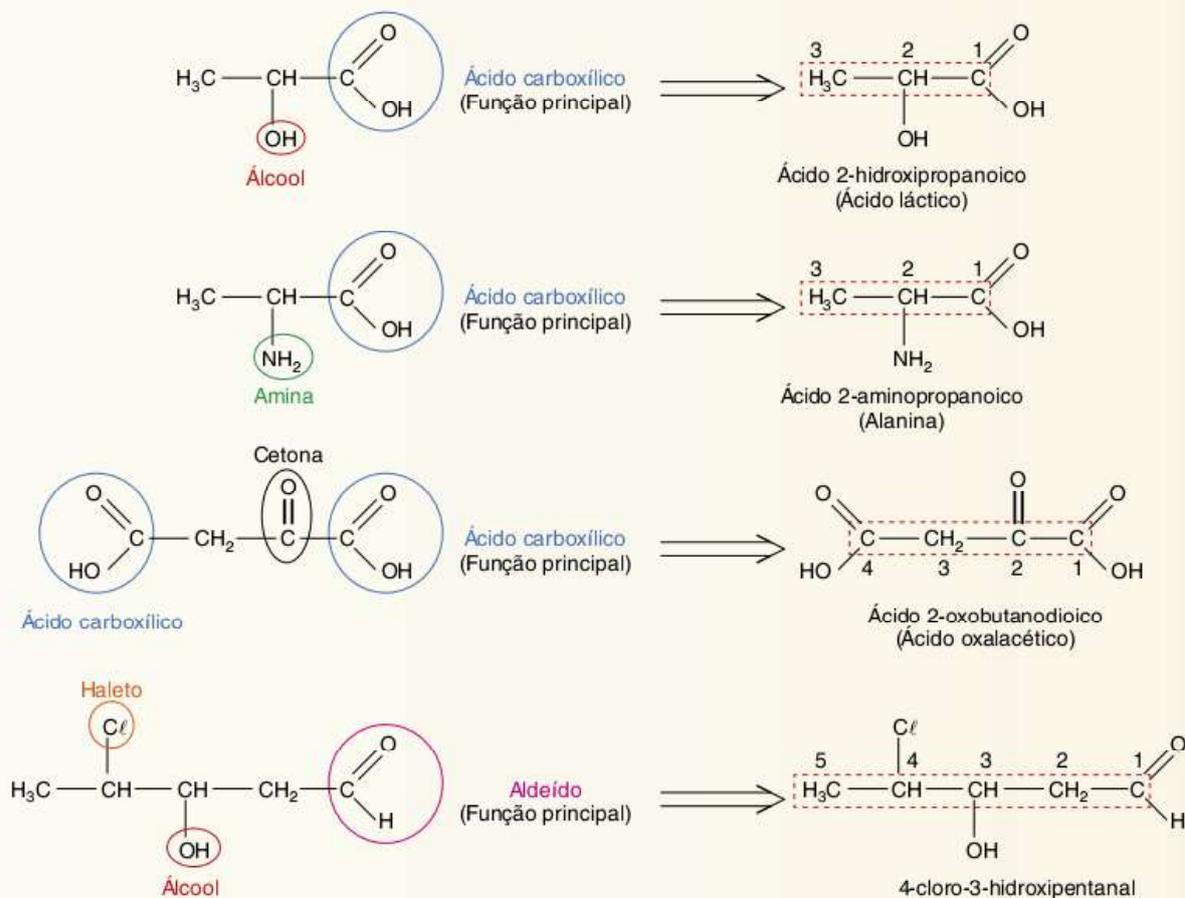
Prioridade das funções orgânicas.

Dessa forma, apenas uma das funções presentes no composto será indicada por um sufixo; as demais serão indicadas por prefixo, conforme indicado na próxima tabela.

Função	Fórmula	Prefixo
Éster	-COO-R	(R)-oxicarbonil-
Amida	-CO-NH ₂	Carbamóil-
Nitrila	-CN	Ciano-
Aldeído	-CHO	Oxo- ou formil-
Cetona	-CO-	Oxo-
Álcool e fenol	-OH	Hidróxi-
Tiol	-SH	Sulfanil
Amina	-NH ₂	Amino-
Éter	-O-R	(R)-oxi-
Haleto orgânico	-F	Fluoro
	-Cl	Cloro
	-Br	Bromo
	-I	Iodo
Nitrocomposto	-NO ₂	Nitro

Funções orgânicas e seus prefixos.

Observe alguns exemplos:



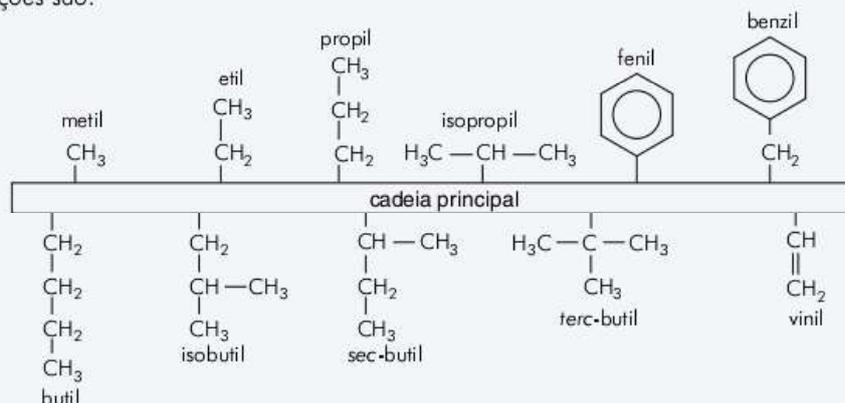
RESUMINDO

- A nomenclatura substitutiva dos compostos orgânicos é constituída conforme o esquema a seguir:

Ramificações	Cadeias fechadas	Nome da cadeia principal		
		Prefixo	Infixo	Sufixo
Prefixo + il	Ciclo	Número de carbonos	Tipo de ligação	Função orgânica

- A cadeia principal é aquela que apresenta a maior seqüência de carbonos que contém: 1° – os grupos funcionais; 2° – as insaturações; 3° – as cíclicas; 4° – o maior número de ramificações.
- A numeração da cadeia principal deve começar pela extremidade mais próxima do grupo funcional, insaturações ou ramificações, nessa ordem de prioridade.

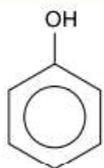
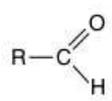
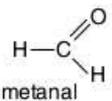
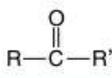
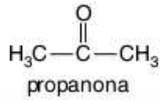
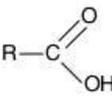
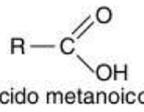
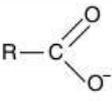
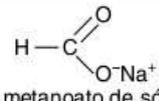
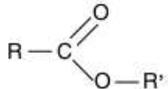
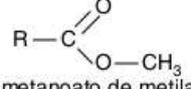
As principais ramificações são:

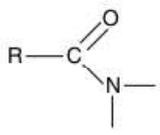
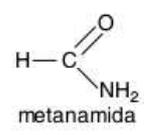
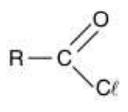
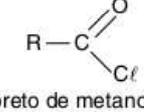
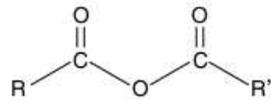
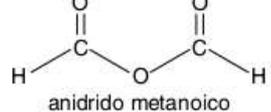
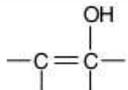
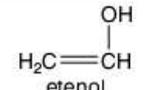


- As ramificações devem ser citadas antes do nome da cadeia principal, antecedidas pela sua localização e em ordem alfabética.
- Funções orgânicas:
 Hidrocarbonetos são compostos formados exclusivamente por carbono e hidrogênio. Apresentam fórmula geral C_xH_y .
 A função hidrocarboneto é dividida em subfunções de acordo com a classificação de sua cadeia.

Cadeia aberta (Alifática)	Alcanos (C_nH_{2n+2})		Cadeia saturada
	Alcenos (C_nH_{2n})		Cadeia insaturada por uma ligação dupla
	Alcinos (C_nH_{2n-2})		Cadeia insaturada por uma ligação tripla
	Alcadienos (C_nH_{2n-2})		Cadeia insaturada por duas ligações duplas
Cadeia fechada	Alicíclicas	Cicloalcanos (C_nH_{2n})	Cadeia saturada
		Cicloalcenos (C_nH_{2n-2})	Cadeia insaturada por uma ligação dupla
	Aromáticos		Apresentam núcleo ou anel aromático (ressonância eletrônica)

- Resumo das funções orgânicas:

Função	Grupo funcional	Sufixo	Exemplo
Hidrocarboneto	Apenas C e H	o	CH_4 metano
Haleto orgânico	$R-X$ ($X = F, Cl, Br$ ou I)	o	CH_3-Cl clorometano
Álcool	$R-OH$ ($R =$ carbono saturado)	ol	H_3C-OH metanol
Fenol	$Ar-OH$ ($Ar =$ aromático)	ol	 benzenol
Éter	$R-O-R'$	oxi	$H_3C-O-CH_3$ metoximetano
Aldeído		al	 metanal
Cetona		ona	 propanona
Ácido carboxílico		oico	 ácido metanoico
Sal de ácido carboxílico	 ($M^+ =$ cátion)	oato de	 metanoato de sódio
Éster orgânico		oato de	 metanoato de metila

Função	Grupo funcional	Sufixo	Exemplo
Amina	$R-NH_2$ $R-NH-R'$ $R-N(R')-R''$	amina	H_3C-NH_2 metilamina
Amida		amida	 metanamida
Nitrila	$R-C \equiv N$	nitrila	H_3C-CN etanonitrila
Nitrocomposto	$R-NO_2$	o	H_3C-NO_2 nitrometano
Cloreto de ácido carboxílico		oila	 cloreto de metanoíla
Anidrido		oico	 anidrido metanoico
Ácido sulfônico	$R-SO_3H$	sulfônico	H_3C-SO_3H ácido metanossulfônico
Sal de ácido sulfônico	$R-SO_3^-M^+$ (M^+ = cátion)	sulfonato de	$H_3C-SO_3^-Na^+$ metanossulfonato de sódio
Tioálcool	$R-SH$ (R = carbono saturado)	tiol	H_3C-SH metanotiol
Tioéter	$R-S-R'$	-	$H_3C-S-CH_3$ sulfeto de dimetila
enol		ol	 etenol

■ QUER SABER MAIS?

Compostos orgânicos



FILME

- O óleo de Lorenzo. Direção: George Miller. Estados Unidos: Universal Pictures, 1992. 135 min.



LIVRO

- IUPAC. *Guia Iupac para a nomenclatura de compostos orgânicos*. Lisboa: Editora Lidel, 2010.



SITES

- Página da União Internacional de Química Aplicada
<www.iupac.org>
Recomendação da IUPAC para a nomenclatura de moléculas orgânicas
<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc13/v13a05.pdf>>

Exercícios complementares

Hidrocarbonetos

1 Uerj A análise qualitativa de uma substância orgânica desconhecida revelou a presença de carbono, oxigênio e hidrogênio.

Podemos afirmar que essa substância não pertence à função denominada:

- (a) éster.
- (b) fenol.
- (c) hidrocarboneto.
- (d) ácido carboxílico.

2 Fatec O Gás Liquefeito de Petróleo, GLP, é uma mistura de propano, C_3H_8 , e butano, C_4H_{10} . Logo, esse gás é uma mistura de hidrocarbonetos da classe dos:

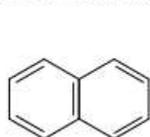
- (a) alcanos.
- (b) alcenos.
- (c) alcinos.
- (d) cicloalcanos.
- (e) cicloalcenos.

3 Uema 2015 Diversos produtos tão comuns em nosso dia a dia são obtidos a partir de alcenos, hidrocarbonetos de cadeia aberta que contêm uma dupla ligação com fórmula geral C_nH_{2n} , por exemplo: plásticos, tecidos sintéticos, corantes e, até mesmo, explosivos. O eteno costuma ser utilizado como anestésico em intervenções cirúrgicas e no amadurecimento de frutas, mostrando que eles têm importâncias estratégicas para diferentes atividades humanas.

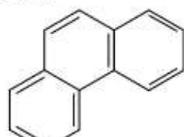
Fonte: Disponível em: <www.brasilecola.com/quimica/alcenos.htm>. Acesso em: 12 set. 2014.

Escreva a fórmula estrutural e nome, oficialmente, o terceiro composto da série desse hidrocarboneto.

4 UFPel Segundo as estruturas dos compostos descritos a seguir, quais deles não são aromáticos?



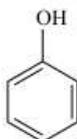
naftaleno



fenantreno



benzeno



fenol



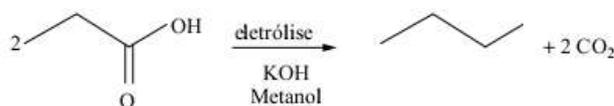
cicloexeno



ciclobuteno

- (a) Naftaleno e fenantreno.
- (b) Cicloexeno e ciclobuteno.
- (c) Benzeno e fenantreno.
- (d) Ciclobuteno e fenol.
- (e) Cicloexeno e benzeno.

5 Enem 2015 Hidrocarbonetos podem ser obtidos em laboratório por descarboxilação oxidativa anódica, processo conhecido como eletrossíntese de Kolbe. Essa reação é utilizada na síntese de hidrocarbonetos diversos, a partir de óleos vegetais, os quais podem ser empregados como fontes alternativas de energia, em substituição aos hidrocarbonetos fósseis. O esquema ilustra simplificado esse processo.



AZEVEDO, D. C.; GOULART, M. O. F. Estereosseletividade em reações eletródicas. *Química Nova*, n. 2, 1997. (Adapt.)

Com base nesse processo, o hidrocarboneto produzido na eletrolise do ácido 3,3-dimetil-butanoico é o

- (a) 2,2,7,7-tetrametil-octano.
- (b) 3,3,4,4-tetrametil-hexano.
- (c) 2,2,5,5-tetrametil-hexano.
- (d) 3,3,6,6-tetrametil-octano.
- (e) 2,2,4,4-tetrametil-hexano.

6 Mackenzie Quase nada se sabe sobre o destino do lixo industrial perigoso produzido no Brasil até meados de 1976. Como muitas substâncias do lixo perigoso são resistentes ao tempo, esse passado de poluição está começando a vir à tona. No solo de um conjunto habitacional da Grande São Paulo, constatou-se a presença de 44 contaminantes. Dentre eles, destacam-se o trimetil-benzeno, o clorobenzeno, o decano, além de um de fórmula molecular C_6H_6 , que é considerado o mais tóxico.

Folha de S. Paulo, 28 ago. 2001. (Adapt.)

Na substância trimetil-benzeno, o anel benzênico é ramificado por radicais:

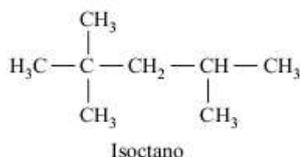
- (a) H_3C
- (b) $H_3C-CH_2-CH_2-CH_2$
- (c) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-CH \end{array}$
- (d) $\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ H_3C-C-CH_3 \end{array}$
- (e) H_3C-CH_2

7 UEM Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01 A ligação dupla de um alceno é formada por uma ligação σ mais forte e uma ligação π mais fraca.
- 02 A ligação tripla de um alcino é mais longa que a ligação simples de um alceno.

- 04 No 2-metil-pent-2-eno, todos os carbonos apresentam hibridização sp^3 .
- 08 Um composto com fórmula molecular C_6H_{12} pode ser um hidrocarboneto de cadeia cíclica e saturada.
- 16 O gás natural é formado principalmente por propano e butano.
Soma =

8 UFRJ O isoctano e outras moléculas de hidrocarbonetos ramificados são mais desejáveis, nas gasolinas comerciais, do que moléculas de cadeia linear, uma vez que estas sofrem ignição de forma explosiva, causando até perda de potência.



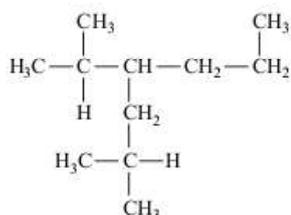
Assinale a opção que apresenta a nomenclatura correta do isoctano.

- (a) 2,2,3-trimetilpentano.
 (b) 2,2,4-trimetilpentano.
 (c) 2,2,4-trimetilbutano.
 (d) 2,2,3-dimetilpentano.
 (e) 2,2,4-trimetil-hexano.

9 FGV A destilação de hulha produz uma série de compostos, um dos quais é um hidrocarboneto de massa molar 78 g/mol. Considerando-se que as massas molares do carbono, hidrogênio e oxigênio são, respectivamente, 12, 1 e 16 g/mol, concluímos que esse hidrocarboneto é:

- (a) hexeno. (d) ciclopentano.
 (b) benzeno. (e) hexano.
 (c) pentano.

10 UFPE De acordo com a estrutura do composto orgânico, cuja fórmula está esquematizada a seguir, podemos dizer que:



- o composto é um hidrocarboneto de fórmula $C_{11}H_{24}$.
 o composto apresenta somente carbonos sp^3 .
 o nome correto do composto, segundo a Iupac, é 2-metil-4-isopropil-heptano.
 o composto é um carboidrato de fórmula $C_{11}H_{24}$.
 o hidrocarboneto aromático possui ligações σ e π .

11 UEM Sabendo-se que um composto apresenta fórmula molecular C_8H_{18} , assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01 O composto pode ser o 2-octeno.
 02 O composto pode ser o 2,2,4-trimetil-pentano.
 04 O composto pode apresentar o radical n-butil.

- 08 O composto pode apresentar 3 carbonos primários, 4 secundários e 1 terciário.
 16 O composto poderá apresentar 1 carbono sp^2 e 7 carbonos sp^3 .
 32 A hidrogenação desse composto poderá formar o C_8H_{20} .
 Soma =

12 UEL Uma alternativa para os catalisadores de células a combustíveis são os polímeros condutores, que pertencem a uma classe de novos materiais com propriedades elétricas, magnéticas e ópticas. Esses polímeros são compostos formados por cadeias contendo ligações duplas conjugadas que permitem o fluxo de elétrons.

Assinale a alternativa na qual ambas as substâncias químicas apresentam ligações duplas conjugadas.

- (a) Propanodieno e metil-1,3-butadieno.
 (b) Propanodieno e ciclopenteno.
 (c) Ciclopenteno e metil-1,3-butadieno.
 (d) Benzeno e ciclopenteno.
 (e) Benzeno e metil-1,3-butadieno.

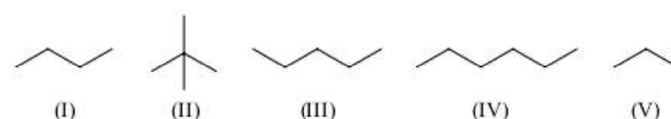
13 UFMG A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos, com predomínio de compostos C_7 e C_8 . A gasolina destinada a ser consumida em climas frios precisa ser formulada com maior quantidade de alcanos menores – como butanos e pentanos – do que aquela que é preparada para ser consumida em lugares quentes.

Essa composição especial é importante para se conseguir, facilmente, “dar a partida” nos motores, isto é, para a ignição ocorrer rapidamente.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que:

- (a) os alcanos maiores facilitam a ignição.
 (b) os alcanos maiores são mais voláteis.
 (c) os alcanos mais voláteis facilitam a ignição.
 (d) os alcanos são mais voláteis em temperaturas mais baixas.

14 UFV Foi recentemente divulgado (Revista *ISTOÉ*, n. 1602 de 14/06/2000) que as lagartixas são capazes de andar pelo teto devido a forças de Van der Waals. Essas forças também são responsáveis pelas diferenças entre as temperaturas de ebulição dos compostos representados a seguir.



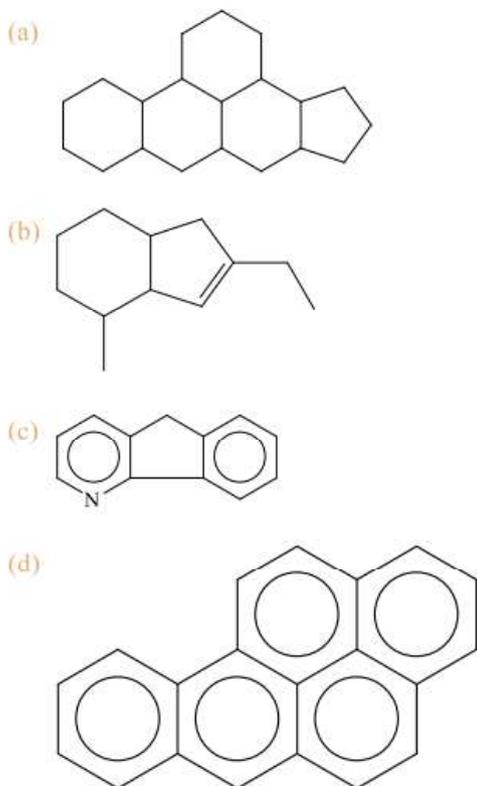
Apresentará maior temperatura de ebulição o composto:

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

15 Uerj Além do impacto ambiental agudo advindo do derramamento de grandes quantidades de óleo em ambientes aquáticos, existem problemas a longo prazo associados à presença, no óleo, de algumas substâncias como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, mutagênicos e potencialmente carcinogênicos. Essas substâncias são muito estáveis no

ambiente e podem ser encontradas por longo tempo no sedimento do fundo, porque gotículas de óleo, após adsorção por material particulado em suspensão na água, sofrem processo de decantação.

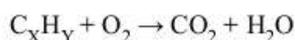
Um agente mutagênico, com as características estruturais citadas no texto, apresenta a seguinte fórmula:



16 CFTSC Indique a afirmação incorreta referente à substância química acetileno.

- Entre os átomos de carbono do acetileno, há uma tripla ligação.
- O acetileno é um gás utilizado nos maçaricos de solda.
- O nome oficial do acetileno é etino.
- Na combustão total do acetileno, formam-se CO_2 e H_2O .
- A fórmula molecular do acetileno é C_2H_4 .

17 Uerj A partir das quantidades de água e gás carbônico produzidas numa reação de combustão completa de um hidrocarboneto (C_xH_y), ilustrada na equação não balanceada a seguir, podemos chegar à fórmula molecular do reagente orgânico consumido.



A combustão completa de 1,0 mol de um hidrocarboneto produziu 72 g de água e 89,6 L de gás carbônico, medidos nas condições normais de temperatura e pressão.

Esse hidrocarboneto pode ser classificado como:

- alcino.
- ciclano.
- alcano.
- alcadieno.

18 UPF 2013 O alcatrão de hulha é um líquido escuro e viscoso que apresenta em sua composição o benzeno, o tolueno, os dimetilbenzenos, o naftaleno e o fenantreno. Sobre o tema, considere as seguintes afirmações:

- Os hidrocarbonetos aromáticos são aqueles que possuem pelo menos um anel ou núcleo aromático, isto é, um ciclo plano com seis átomos de carbono que estabelecem entre si ligações ressonantes.
- Devido à ressonância das ligações duplas, os aromáticos não são compostos estáveis e só reagem em condições enérgicas.
- O metilbenzeno, conhecido comercialmente por tolueno, é um composto aromático derivado do benzeno e possui fórmula molecular C_7H_{14} .
- O benzeno é um composto aromático bastante estável devido à ressonância das ligações duplas.

Está **correto** apenas o que se afirma em:

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

19 UEL 2014 A gasolina é uma mistura de vários compostos. Sua qualidade é medida em octanas, que definem sua capacidade de ser comprimida com o ar, sem detonar, apenas em contato com uma faísca elétrica produzida pelas velas existentes nos motores de veículos. Sabe-se que o heptano apresenta octanagem 0 (zero) e o 2,2,4-trimetilpentano (isooctano) tem octanagem 100. Assim, uma gasolina com octanagem 80 é como se fosse uma mistura de 80% de isooctano e 20% de heptano. Com base nos dados apresentados e nos conhecimentos sobre hidrocarbonetos, responda aos itens a seguir.

- Quais são as fórmulas estruturais simplificadas dos compostos orgânicos citados?
- Escreva a equação química balanceada da reação de combustão completa de cada um dos hidrocarbonetos usados.

20 UFU 2015 O benzeno é um dos solventes orgânicos mais utilizados na indústria química. É possível produzi-lo a partir da reação de trimerização do acetileno (C_2H_2).

Sobre essa reação e o produto formado, faça o que se pede:

- Escreva a equação química da reação de produção do benzeno utilizando as fórmulas estruturais das substâncias.
- Explique o porquê de o benzeno ser intensamente utilizado como solvente orgânico.
- Compare e explique a diferença na estabilidade do anel do benzeno com o anel do ciclo-hexano.

21 ITA 2017 Considere as substâncias *o*-diclorobenzeno e *p*-diclorobenzeno.

- Escreva as fórmulas estruturais de ambas as substâncias.
- Para ambas as substâncias, forneça um nome sistemático diferente daquele informado no enunciado.
- Qual das duas substâncias tem maior ponto de ebulição? Justifique sua resposta.

Haleto, álcool, éter e fenol

22 Mackenzie Engradados de madeira provenientes da Ásia, antes de serem liberados na alfândega, são detetizados com $\text{H}_3\text{C-Br}$, para impedir que se alastre pelo Brasil um certo besouro que destrói as árvores. Relativamente ao $\text{H}_3\text{C-Br}$, é incorreto afirmar que:

Dado: Números atômicos: H = 1; C = 6; Br = 35.

- (a) é um hidrocarboneto.
- (b) é um haleto de alquila.
- (c) apresenta ligações covalentes.
- (d) é uma molécula polar.
- (e) é o bromometano.

Texto para as questões 23 e 24.

Organoclorados

Defensivos agrícolas para as indústrias. Agrotóxicos para os defensores da natureza. Pontos de vista diferentes sobre substâncias usadas para controlar ou matar determinadas pragas. Sua utilização pode oferecer ou não perigo para o homem, dependendo da toxicidade do composto, do tempo de contato com ele e do grau de contaminação que pode ocorrer. Insolúveis em água, possuem efeito cumulativo, chegando a permanecer por mais de 30 anos no solo. Um dos mais tóxicos e já há algum tempo proibido, o DDT, virou verbo: detetizar.

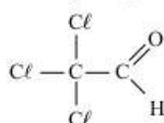
23 Mackenzie Do texto, depreende-se que os defensivos agrícolas:

- (a) nunca oferecem perigo para o homem.
- (b) não contaminam o solo, pois são insolúveis em água.
- (c) são substâncias totalmente diferentes daquelas chamadas de agrotóxicos.
- (d) se usados corretamente, trazem benefícios.
- (e) têm vida residual curta.

24 Mackenzie $x\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + \text{C}_2\text{HCl}_3\text{O} \rightarrow \text{C}_{14}\text{H}_9\text{Cl}_5 + \text{H}_2\text{O}$
Em relação à equação acima, que representa a obtenção do DDT ($\text{C}_{14}\text{H}_9\text{Cl}_5$), é incorreto afirmar que:

Dadas as massas molares (g/mol): H = 1, O = 16, C = 12, Cl = 35,5.

- (a) o coeficiente x que torna a equação corretamente balanceada é igual a 2.
- (b) o DDT é um composto orgânico oxigenado.
- (c) se o $\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}$ for um aldeído, sua fórmula estrutural será:



- (d) cada molécula de DDT contém 5 átomos de cloro.
- (e) a massa de 1 mol de moléculas de água é igual a 18 g.

25 Fuvest A contaminação por benzeno, clorobenzeno, trimetilbenzeno e outras substâncias utilizadas na indústria como solventes pode causar efeitos que vão da enxaqueca à leucemia. Conhecidos como compostos orgânicos voláteis, eles têm alto potencial nocivo e cancerígeno e, em determinados casos, efeito tóxico cumulativo.

O Estado de S.Paulo, 17 ago. 2001.

Pela leitura do texto, é possível afirmar que:

- I. certos compostos aromáticos podem provocar leucemia.
- II. existe um composto orgânico volátil com nove átomos de carbono.
- III. solventes industriais não incluem compostos orgânicos halogenados.

Está correto apenas o que se afirma em:

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

26 Fatec Com relação ao etanol e ao metanol, são feitas as afirmações.

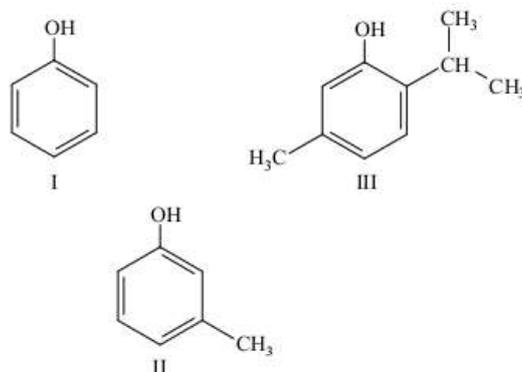
- I. Ambos os álcoois podem ser utilizados como combustível para automóveis.
- II. Além da utilização em bebidas, o metanol pode ser utilizado como solvente em perfumes, loções, desodorantes e medicamentos.
- III. Atualmente, o metanol é produzido do petróleo e do carvão mineral por meio de transformações químicas feitas na indústria.
- IV. O metanol é um combustível relativamente “limpo”. Sua combustão completa tem alto rendimento, produzindo CO_2 e H_2O .
- V. Ambos os álcoois podem ser produzidos a partir da cana-de-açúcar.

Escolha a alternativa que apresenta somente afirmação(ões) verdadeira(s).

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

27 UFC A atividade bactericida de determinados compostos fenólicos deve-se, em parte, à atuação desses compostos como detergentes, que solubilizam e destroem a membrana celular fosfolipídica das bactérias. Quanto menor for a solubilidade dos compostos fenólicos em água, maior será a ação antisséptica.

Com relação às solubilidades dos compostos fenólicos I, II e III, em água, assinale a opção correta.



- (a) I é mais solúvel que II e II é mais solúvel que III.
- (b) I é menos solúvel que II e II é menos solúvel que III.
- (c) II é menos solúvel que I e I é menos solúvel que III.
- (d) II é mais solúvel que I e I é mais solúvel que III.
- (e) I, II e III têm, individualmente, a mesma solubilidade

28 Puccamp O amendoim é uma planta originária da América do Sul. Sua importância econômica está relacionada ao fato de as sementes possuírem sabor agradável e serem ricas em óleo, proteínas, carboidratos, sais minerais e vitaminas. Os ácidos graxos insaturados presentes no amendoim ainda servem de veículo de transporte para a vitamina E, pois esta é lipossolúvel.

A vitamina E (tocoferol) contida no amendoim funciona biologicamente como um antioxidante natural, isto é, oxida-se no lugar dos compostos que o acompanham. É um fenol com cadeia carbônica ramificada, ligada ao anel, contendo 16 átomos de carbono. Possui também na molécula átomo de oxigênio formando com átomos de carbono um hexanel insaturado. Sendo assim, na molécula de tocoferol identifica-se:

- I. anel aromático.
- II. grupo OH ligado diretamente ao anel.
- III. grupo funcional éter (interno).
- IV. pelo menos 25 átomos de carbono por molécula.

Está correto o que se afirma em:

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

29 UFRRJ Dos compostos a seguir, aquele que apresenta uma cadeia carbônica acíclica, normal, saturada e heterogênea é o:

- (a) 2-propanol.
- (b) etilamina.
- (c) 1-cloropropano.
- (d) etoxietano.
- (e) hidroxibenzeno.

30 PUC-PR Complete com palavras da alternativa correta.

“Quando o grupo hidroxila estiver ligado diretamente a um carbono saturado, teremos um _____ e quando estiver ligado diretamente a um carbono insaturado do anel benzênico, teremos um _____.”

- (a) álcool e enol.
- (b) fenol e álcool.
- (c) álcool e fenol.
- (d) álcool e ácido carboxílico.
- (e) ácido carboxílico e álcool.

31 UFRN Um estudante recebeu uma tabela, reproduzida a seguir, em que constam algumas propriedades físicas de três compostos diferentes.

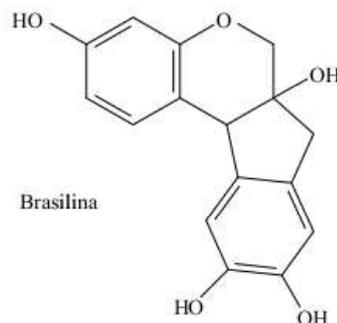
Composto	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Solubilidade em água a 25 °C
I	-138	0	insolúvel
II	-90	117,7	solúvel
III	-116	34,6	parcialmente solúvel

Segundo essa tabela, os possíveis compostos I, II e III são, respectivamente:

- (a) 1-butanol, n-butano e éter etílico.
- (b) n-butano, 1-butanol e éter etílico.
- (c) n-butano, éter etílico e 1-butanol.
- (d) éter etílico, 1-butanol e n-butano.

32 Unirio O pau-brasil ocupou o centro da história brasileira durante todo o primeiro século da colonização. Essa árvore, abundante na época da chegada dos portugueses e hoje quase extinta, só é encontrada em jardins botânicos, como o do Rio de Janeiro, e em parques nacionais, plantada vez por outra em cerimônias patrióticas. Coube a Robert Robinson, prêmio Nobel de Química de 1947, o privilégio de chegar à estrutura química da brasilina, substância responsável pela cor vermelha do pau-brasil.

Disponível em: <www.sbgq.org.br>.

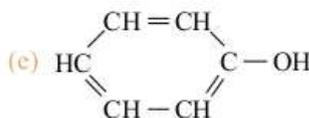
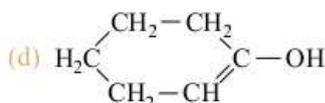


Que opção apresenta as corretas funções orgânicas da brasilina?

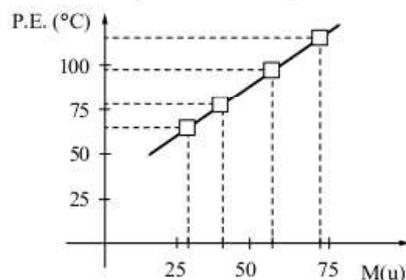
- (a) Éter, álcool tetrahidroxilado e amida.
- (b) Fenol, álcool terciário e éter.
- (c) Álcool, fenol e amina.
- (d) Fenol, éter e anidrido.
- (e) Fenol, éter e éster.

33 PUC-RS A fórmula estrutural que representa corretamente um álcool com cadeia carbônica alifática e insaturada é:

- (a) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
- (b) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{OH}$
- (c) $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$



34 UFPS O gráfico a seguir apresenta os dados de massa molecular (M) x ponto de ebulição (P.E.) para os quatro primeiros termos da série homóloga dos álcoois primários.



Os compostos A, B e C pertencem, respectivamente, às funções orgânicas:

- (a) álcool, aldeído e ácido carboxílico.
- (b) aldeído, cetona e éster.
- (c) ácido carboxílico, cetona e aldeído.
- (d) álcool, aldeído e éter.
- (e) aldeído, cetona e álcool.

41 Fuvest Os pontos de ebulição, sob pressão de 1 atm, da propanona, butanona, 3-pentanona e 3-hexanona são, respectivamente, 56, 80, 101 e 124 °C.

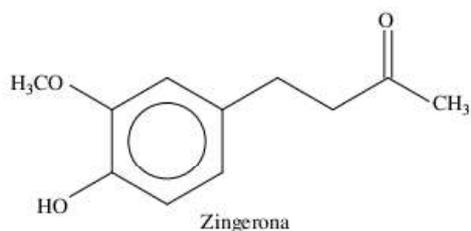
- a) Escreva as fórmulas estruturais destas substâncias.
- b) Estabeleça uma relação entre as estruturas e os pontos de ebulição.

42 Fatec Na indústria de alimentos, sua aplicação mais importante relaciona-se à extração de óleos e gorduras de sementes, como soja, amendoim e girassol. À temperatura ambiente, é um líquido que apresenta odor agradável, e muito utilizado como solvente de tintas, vernizes e esmaltes. Trata-se da cetona mais simples.

O nome oficial e a fórmula molecular da substância descrita pelo texto acima são, respectivamente:

- (a) butanal e C_4H_8O .
- (b) butanona e C_4H_7OH .
- (c) etanona e C_2H_4O .
- (d) propanal e C_3H_6O .
- (e) propanona e C_3H_6O .

43 FGV O gengibre é uma planta da família das zingiberáceas, cujo princípio ativo aromático está no rizoma. O sabor ardente e acre do gengibre vem dos fenóis gingerol e zingerona.



Na molécula de zingerona, são encontradas as funções orgânicas:

- (a) álcool, éter e éster.
- (b) álcool, éster e fenol.
- (c) álcool, cetona e éter.
- (d) cetona, éter e fenol.
- (e) cetona, éster e fenol.

44 UFRJ Existem diversos medicamentos que podem ser utilizados para o controle da concentração de colesterol no sangue. Pode-se citar como exemplo o ciprofibrato:



Dê o nome das funções orgânicas oxigenadas presentes no ciprofibrato.

45 UFU Analise os compostos a seguir e assinale a alternativa que os dispõe em ordem decrescente de pontos de ebulição.

- I. CH_3CH_2CHO
- II. CH_3COOH
- III. $CH_3CH_2CH_2OH$
- IV. $CH_3CH_2CH_2CH_3$

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

46 FRJ Os mais famosos violinos do mundo foram fabricados entre 1600 e 1750 pelas famílias Amati, Stradivari e Guarneri.

Um dos principais segredos desses artesãos era o verniz, tido como o responsável pela sonoridade única desses instrumentos. Os vernizes antigos eram preparados a partir de uma mistura de solventes e resinas, em diferentes proporções. Uma receita datada de 1650 recomendava a mistura de resina de pinheiro, destilado de vinho e óleo de lavanda. O quadro a seguir ilustra as principais substâncias presentes nos ingredientes da receita.

Ingrediente	Substâncias principais
Resna de pinheiro	
Destilado de vinho	
Óleo de lavanda	

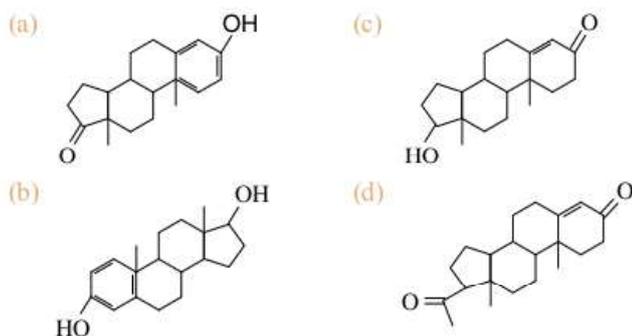


- a) Indique as funções das principais substâncias encontradas no verniz.
- b) Escreva a fórmula molecular do composto III.

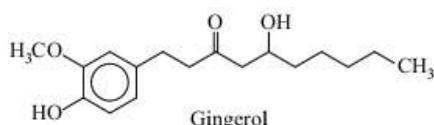
47 Uerj Na tabela a seguir, são relacionados quatro hormônios esteroides e suas correspondentes funções orgânicas.

Hormônio	Função orgânica
Progesterona	Cetona
Estrona	Fenol e cetona
Testosterona	Cetona e álcool
Estradiol	Fenol e álcool

O hormônio que é secretado pelas células de Leydig, encontradas nas gônadas masculinas, é representado pela seguinte estrutura:



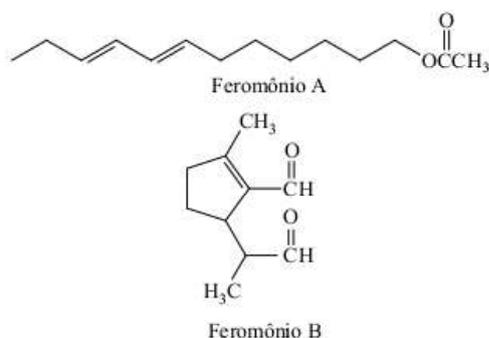
48 UFU O gingerol, cuja estrutura está representada adiante, é uma substância encontrada no gengibre, responsável pela sensação ardente quando este é ingerido. Essa substância apresenta propriedades cardiotônicas e antieméticas.



É correto afirmar que o gingerol:

- apresenta fórmula molecular $C_{17}H_{26}O_4$ e caráter ácido pronunciado pela presença do fenol.
- apresenta fórmula molecular $C_{17}H_{23}O_4$ e é um composto saturado e de cadeia heterogênea.
- apresenta função mista: cetona, álcool e éster e caráter básico evidente pela presença do anel.
- é um composto apolar de cadeia aromática, homogênea e mista.

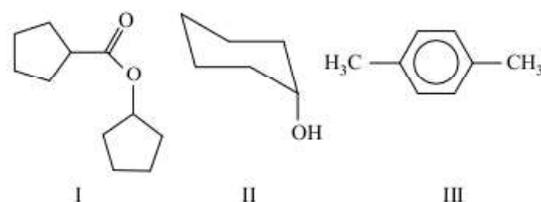
49 Udesc Uma substância emitida por um animal pode servir para atrair outro animal da mesma espécie, de sexo oposto, para marcar trilhas ou territórios, para advertência de perigo. Os feromônios são compostos desta natureza usados para comunicação entre os membros da mesma espécie. A pesquisa de feromônios pode vir a ser uma oportunidade importante de obter o controle das pragas, principalmente na agricultura. A seguir, há dois exemplos de feromônios:



Em relação à informação, responda:

- A qual função orgânica pertence o feromônio A?
- A qual função orgânica pertence o feromônio B?
- Qual a fórmula molecular do feromônio B?
- Quantos carbonos com hibridização sp^2 possui o feromônio A?
- Qual a porcentagem de carbono na molécula do feromônio A? (Onde C = 12, H = 1, O = 16)

50 UEL Observe as estruturas a seguir.

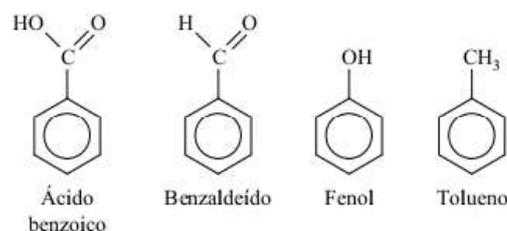


Com referência às estruturas anteriores, pode-se afirmar que:

- I é um éster e II não pode formar ligações de hidrogênio intermoleculares.
- II não possui elétrons pi em sua estrutura e III é um composto polar.
- I é um derivado de ácido carboxílico e II é um composto saturado.
- III é aromático e I possui um carbono com hibridização sp .
- os três compostos são cíclicos e aromáticos.

51 PUC-SP 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.

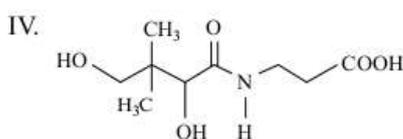
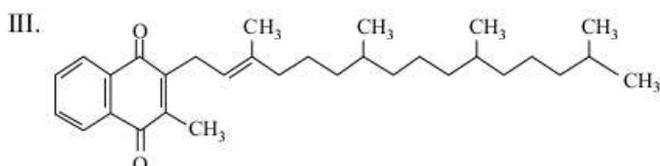
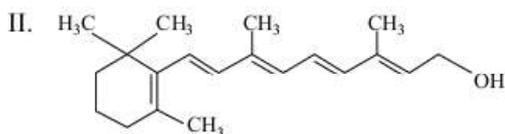
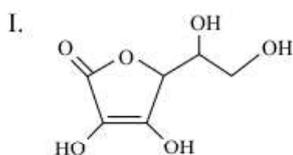
Composto	Ponto de fusão ($^{\circ}C$)	Ponto de ebulição ($^{\circ}C$)
1	-95	110
2	-26	178
3	43	182
4	122	249



A análise das temperaturas de fusão e ebulição permite identificar os compostos 1, 2, 3 e 4, como sendo, respectivamente:

- ácido benzoico, benzaldeído, fenol e tolueno.
- fenol, ácido benzoico, tolueno e benzaldeído.
- tolueno, benzaldeído, fenol e ácido benzoico.
- benzaldeído, tolueno, ácido benzoico e fenol.
- tolueno, benzaldeído, ácido benzoico e fenol.

52 Fuvest Alguns alimentos são enriquecidos pela adição de vitaminas, que podem ser solúveis em gordura ou em água. As vitaminas solúveis em gordura possuem uma estrutura molecular com poucos átomos de oxigênio, semelhante à de um hidrocarboneto de longa cadeia, predominando o caráter apolar. Já as vitaminas solúveis em água têm estrutura com alta proporção de átomos eletronegativos, como o oxigênio e o nitrogênio, que promovem forte interação com a água. A seguir estão representadas quatro vitaminas.



Dentre elas, é adequado adicionar, respectivamente, a sucos de frutas puros e a margarinas as seguintes vitaminas:

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

53 Fatec Há três frascos (A, B e C) com sólidos brancos à temperatura ambiente. Por descuido, os frascos não estão identificados, encontrando-se ao lado deles três etiquetas: em uma está escrito naftaleno; em outra, ácido benzoico, e na terceira, glicose.

Para tentar identificar os conteúdos dos frascos, algumas propriedades foram determinadas, e os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Substância contida no frasco	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Solubilidade em água a 25 °C
A	122	250	um pouco solúvel
B	80	218	praticamente insolúvel
C	146	decompõe	solúvel

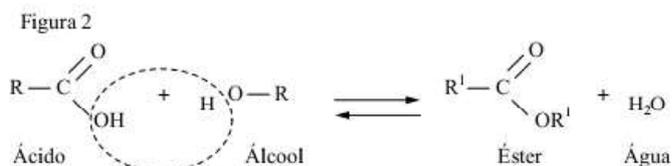
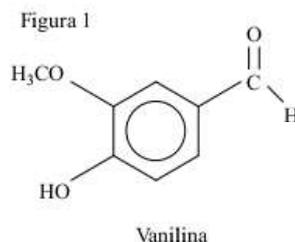
Sabendo-se que o naftaleno é um hidrocarboneto, o ácido benzoico é um ácido orgânico e a glicose é um açúcar, os frascos A, B e C contêm, respectivamente:

- (a) ácido benzoico, naftaleno e glicose.
 (b) ácido benzoico, glicose e naftaleno.
 (c) naftaleno, ácido benzoico e glicose.
 (d) glicose, naftaleno e ácido benzoico.
 (e) glicose, ácido benzoico e naftaleno.

54 PUC-SP Sobre os compostos butano, 1-butanol e ácido butanoico, foram feitas as seguintes afirmações.

- I. Suas fórmulas moleculares são, respectivamente, C_4H_{10} , $C_4H_{10}O$ e $C_4H_8O_2$.
 II. A solubilidade em água do butano é maior do que a do 1-butanol.
 III. O ponto de ebulição do ácido butanoico é maior do que o do 1-butanol.
 IV. O ponto de fusão do butano é maior do que o ácido butanoico.
 Estão corretas as afirmações:
 (a) I, III e IV. (d) III e IV.
 (b) II e IV. (e) I e II.
 (c) I e III.

55 Udesc Você provavelmente já mascou um chiclete de etanoato de isoamila, comeu uma gelatina de butanoato de butila ou um biscoito de valerato de isoamila. Esses são nomes de compostos químicos que dão aos produtos aroma de banana, abacaxi e maçã, respectivamente. Esses compostos químicos pertencem à função éster e são também conhecidos como flavorizantes. Além dos ésteres, outras classes de compostos também são usadas como aromatizantes em produtos alimentares. Um exemplo é a vanilina, que é um produto natural extraído da essência da baunilha e é empregado em confeitarias (indústria de alimentos). A fórmula estrutural da vanilina é dada a seguir:



- a) Quais são as funções orgânicas presentes na vanilina? (figura 1)
 b) Os ésteres podem ser obtidos através da reação na figura 2. Desenhe a estrutura do éster formado quando o ácido butanoico e etanol (álcool) reagem conforme a reação acima descrita.
 c) Quantos carbonos com hibridização sp^2 apresenta a estrutura da vanilina?

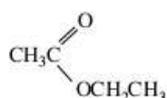
56 Uerj Feromônios são substâncias químicas usadas na comunicação entre indivíduos de uma mesma espécie. A mensagem química tem como objetivo provocar respostas comportamentais relativas à agregação, colaboração na obtenção de alimentos, defesa, acasalamento etc. Há uma variedade de substâncias que exercem o papel de feromônios, como o $CH_3(CH_2)_3CH_2OH$ (sinal de alerta) e o $CH_3CH_2CO(CH_2)_5CH_3$ (preparar para a luta). Uma mariposa chamada *Bombyx disparate* segrega um feromônio sexual capaz de atrair os machos da espécie numa distância de até 800 metros. Tal substância apresenta, na molécula, a função epóxi. Um fragmento de

uma molécula desse feromônio, contendo apenas o principal grupo funcional, pode ser representado simplificadamente como —CHOCH—.

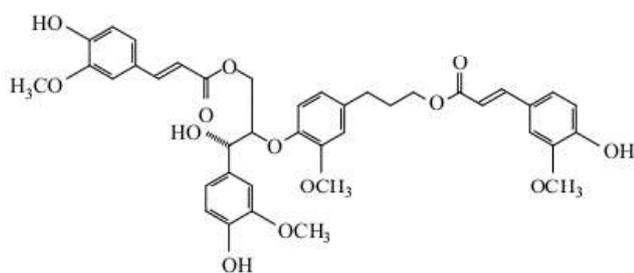
- Copie as duas fórmulas das substâncias citadas acima. Em cada uma delas, marque e dê o nome de uma função química presente.
- Escreva o nome químico da substância referente ao sinal de alerta.
- Desenhe a fórmula estrutural do fragmento —CHOCH—.

57 UFJF O acetato de etila (etanoato de etila) tem odor de maçã, enquanto o odor do butanoato de butila é semelhante ao do morango. Com relação a essas substâncias flavorizantes, assinale as alternativas **incorretas**.

- Ambas são ésteres.
- O butanoato de butila possui a fórmula molecular $C_8H_{16}O_2$.
- O acetato de butila possui três átomos de carbono terciário.
- O butanoato de butila não possui nenhum átomo de carbono quaternário.
- O acetato de butila possui a fórmula estrutural



58 UFV O composto denominado Carolignana A, cuja fórmula está representada adiante, foi isolado no Departamento de Química da UFV a partir da planta *Ochroma lagopus*, popularmente conhecida como balsa devido à baixa densidade de sua madeira, que é utilizada para o fabrico de caixões e jangadas.

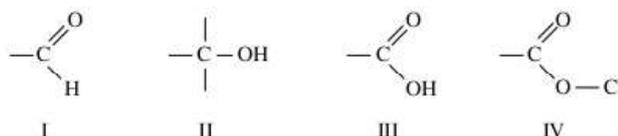


Carolignana A

Os grupos funcionais presentes na estrutura da Carolignana A, a partir da fórmula representada, são:

- fenol, éter, éster, alqueno, anidrido.
- alqueno, fenol, anidrido, éster, cetona.
- fenol, éter, éster, alqueno, álcool.
- fenol, aldeído, éster, éter, alqueno.
- amina, éter, éster, alqueno, álcool.

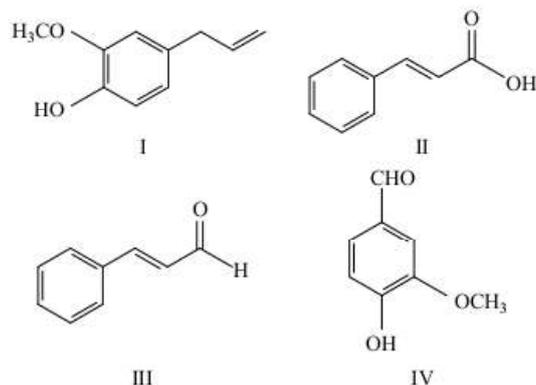
59 Ufla Um grande número de compostos orgânicos contém oxigênio em sua estrutura, formando diferentes classes funcionais. Alguns grupos funcionais oxigenados estão representados a seguir.



Assinale a alternativa que apresenta as classes funcionais dos grupos I, II, III e IV, respectivamente.

- Éster, álcool, aldeído, ácido carboxílico.
- Álcool, aldeído, cetona, éter.
- Cetona, álcool, éter, aldeído.
- Aldeído, ácido carboxílico, éster, éter.
- Aldeído, álcool, ácido carboxílico, éster.

60 PUC-MG A seguir estão representadas as estruturas de algumas substâncias presentes na canela (*Cinnamomum zeylanicum*). O principal constituinte dessa importante planta aromática é o cinamaldeído, um aldeído aromático insaturado de fórmula C_9H_8O .



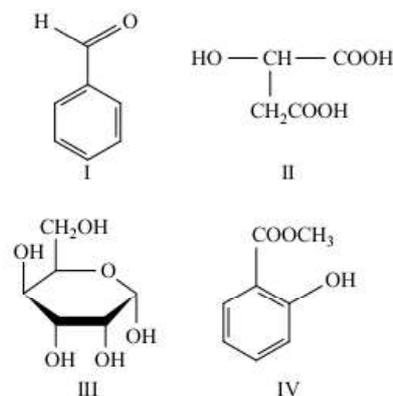
Assinale a estrutura que corresponde ao cinamaldeído.

- I.
- II.
- III.
- IV.

61 UFRGS Assinale a alternativa que apresenta a associação correta entre a fórmula molecular, o nome e uma aplicação do respectivo composto orgânico.

- $CH_3COOCH_2CH_3$ – acetato de butila – aroma artificial de fruta.
- $CH_3CH_2OCH_2CH_3$ – etoxietano – anestésico.
- $CH_3CH_2COCH_3$ – propanona – removedor de esmalte.
- CH_3CH_2COOH – ácido butanoico – produção de vinagre.
- $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ – pentano – preparação de sabão.

62 PUC-MG O suco de maçã contém ácido málico. Sabendo que o ácido málico é um ácido carboxílico, assinale a estrutura que pode representar a estrutura do ácido málico.



- I.
- II.
- III.
- IV.

63 PUC-RS Responder à questão relacionando os compostos orgânicos da coluna A com suas propriedades e características, apresentadas na coluna B.

Coluna A

1. CH_3COOH
2. CH_3COCH_3
3. $\text{CH}_2=\text{CH}_2$
4. CH_3OH
5. HCHO

Coluna B

- Hidrocarboneto insaturado, usado na preparação de sacos plásticos.
- Usado na obtenção do metanal e como combustível especial.
- Apresenta grupo funcional carbonila e pode ser usado como solvente.
- Aldeído empregado na fabricação de fórmica e outros materiais sintéticos.
- Reage com o etanol formando etanoato de etila, flavorizante de maçã.

A numeração correta da coluna B, de cima para baixo, é:

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

64 Ufla O butirato de etila, largamente utilizado na indústria, é a molécula que confere sabor de abacaxi a balas, pudins, gelatinas, bolos e outros. Esse composto é classificado como:

- (a) álcool. (c) aldeído. (e) cetona.
 (b) éster. (d) ácido.

65 PUC-Rio O dimetiléter tem seu peso molecular igual a 46 e ponto de ebulição igual a -25°C . O álcool etílico (etanol) tem o mesmo peso molecular, mas um ponto de ebulição bem mais alto igual a $78,3^\circ\text{C}$. Apresente a fórmula estrutural de cada um dos compostos e, através delas, explique a grande diferença dos seus pontos de ebulição.

Observação: A fórmula molecular para ambos os compostos é $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

66 UFG Quando uma pessoa inala benzeno, seu organismo dispara um mecanismo de defesa que o transforma no catecol, uma substância hidrossolúvel, como representado, a seguir.

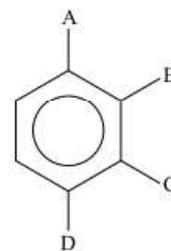


- Por que o catecol é mais solúvel em água que o benzeno?
- Explique por que a temperatura ambiente e a 1 atm, o oxigênio é gás, o benzeno é líquido e o catecol é sólido.

A questão a seguir refere-se a uma visita de Gabi e Tomás ao supermercado, com o objetivo de cumprir uma tarefa escolar. Convidamos você a esclarecer as dúvidas de Gabi e Tomás sobre a Química no supermercado.

Tomás portava um gravador e Gabi, uma planilha com as principais equações químicas e algumas fórmulas estruturais.

67 UEPG 2016 Considerando a estrutura abaixo, assinale o que for correto.



- 01 Se $A = \text{OH}$, $B = \text{H}$, $C = \text{H}$, $D = \text{H}$, tem-se um composto chamado ácido benzoico.
- 02 Se $A = \text{CHO}$, $B = \text{H}$, $C = \text{H}$, $D = \text{H}$, tem-se um composto chamado benzaldeído.
- 04 Se $A = \text{H}$, $B = \text{H}$, $C = \text{COOH}$, $D = \text{OH}$, tem-se um composto chamado ácido *o*-hidroxibenzoico.
- 08 Se $A = \text{H}$, $B = \text{CH}_3$, $C = \text{H}$, $D = \text{CH}_3$, tem-se um composto chamado *m*-dimetilbenzeno.
- 16 Se $A = \text{CH}_3$, $B = \text{H}$, $C = \text{H}$, $D = \text{CH}_3$, tem-se um composto chamado *o*-dimetilbenzeno.

Soma =

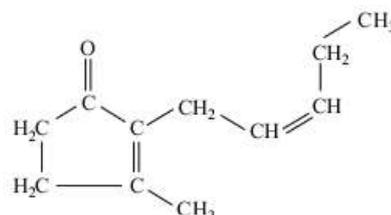
68 Unisinos 2016

O mercado de beleza em 2015: crescimento e investimento das empresas

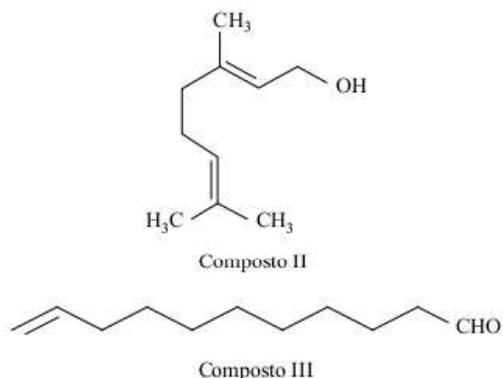
O cuidado com o corpo tem conquistado mais adeptos entre mulheres e homens; hoje, a lista de produtos de beleza que são indispensáveis está bem mais ampla. O setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos cada vez mais se consolida dentro da economia brasileira, e seu papel é fundamental nos aspectos econômicos, financeiros, sociais e também na contribuição em iniciativas sustentáveis.

Disponível em: <<http://www.hairbrasil.com.>>. Acesso em: 4 out. 2015. (Adapt.)

A palavra “perfume” vem do latim *per*, que significa “origem de”, e *fumare*, que é “fumaça”, isso porque seu uso originou-se, provavelmente, em atos religiosos, em que os deuses eram homenageados pelos seus adoradores por meio de folhas, madeiras e materiais de origem animal, que, ao serem queimados, liberavam uma fumaça com cheiro doce, como o incenso. Os perfumes são formados, principalmente, por uma fragrância, que é a essência ou óleo essencial; por etanol, que atua como solvente; e por um fixador. A estrutura de algumas essências usadas em perfumes é mostrada a seguir.



Composto I



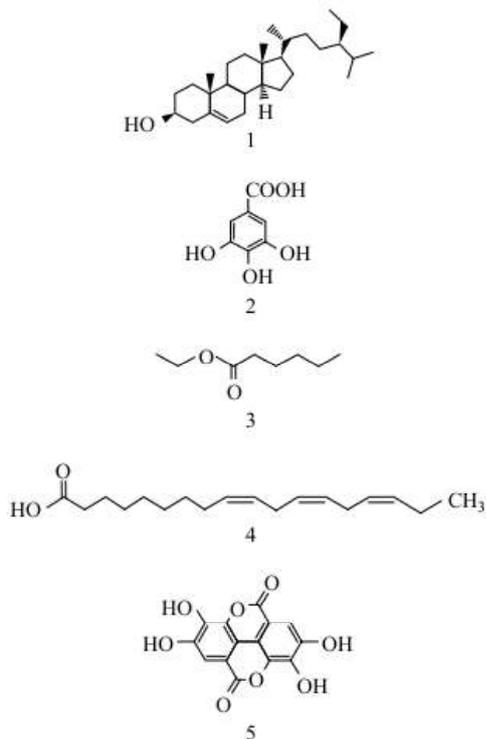
Leia as proposições seguintes, referentes às estruturas mostradas acima.

- I. O grupo carbonila presente no composto I pertence a uma cetona, enquanto, no composto II, pertence a um aldeído.
- II. A nomenclatura oficial do composto II é 3,7-dimetil-oct-2,6-dien-1-ol, e sua fórmula molecular é $C_{10}H_{18}O$.
- III. A nomenclatura oficial do composto III é 10-undecanal.

Sobre as proposições acima, pode-se afirmar que

- (a) apenas I está correta.
- (b) apenas II está correta.
- (c) apenas I e II estão corretas.
- (d) apenas II e III estão corretas.
- (e) I, II e III estão corretas.

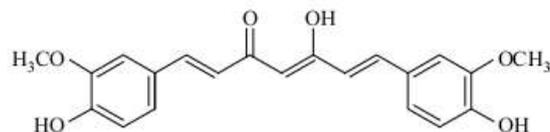
69 Unifimes 2016 As substâncias cujas fórmulas estruturais estão apresentadas a seguir são alguns dos constituintes químicos encontrados no pequi, um fruto muito apreciado na culinária goiana.



Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 15, 2013.

- a) Entre as estruturas representadas, indique aquelas que possuem radicais funcionais característicos de ésteres e de álcoois.
- b) Entre as fórmulas estruturais apresentadas, indique aquelas que correspondem a substâncias alifáticas e escreva a fórmula molecular para a substância 5.

70 UEL 2016 A curcumina, cuja molécula é apresentada a seguir, é uma substância presente no açafrão-da-terra e que dá o tom de amarelo ao pó.



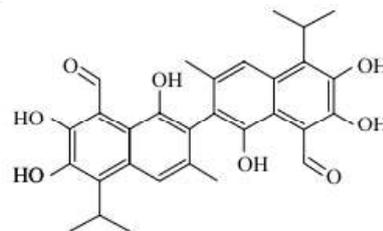
Sobre essa molécula, atribua V (verdadeiro) ou F (falso) às afirmativas a seguir.

- Apresenta cadeia carbônica homogênea e insaturada.
- Contém igual número de átomos de carbono e hidrogênio.
- Por combustão total, forma monóxido de carbono e peróxido de hidrogênio.
- Possui, no total, dezessete carbonos secundários e dois carbonos terciários.
- Os grupos funcionais são ácido carboxílico, álcool e éster.

Assinale a alternativa que contém, de cima para baixo, a sequência correta.

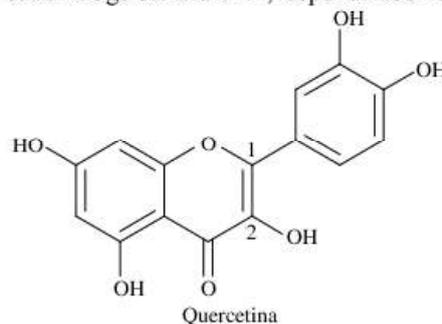
- (a) V, V, V, F, F. (c) V, F, F, V, F. (e) F, F, V, F, V.
- (b) V, V, F, F, V. (d) F, V, F, V, V.

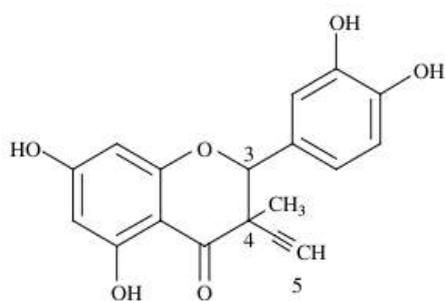
71 Unicid 2016 Analise a fórmula estrutural do gossipol apresentada.



- a) Determine a fórmula molecular do gossipol.
- b) Identifique as funções orgânicas presentes na estrutura apresentada para o gossipol.

72 UFJF 2015 A Quercetina, cuja estrutura química está representada abaixo, está associada com processos de inibição de inflamação óssea. Com relação à sua fórmula estrutural bem como a de seu análogo estrutural A, responda aos itens a seguir.

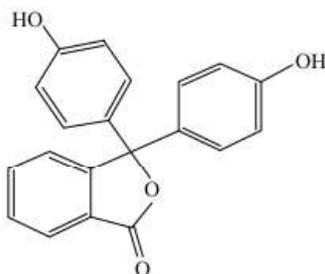




Análogo estrutural A

- Dê os nomes das funções químicas oxigenadas da estrutura da Quercetina.
- Represente a fórmula molecular da Quercetina.
- Classifique todos os carbonos numerados como primário, secundário, terciário ou quaternário.
- Informe a hibridização dos átomos de carbono numerados na estrutura.

73 UFTM 2013 A substância conhecida como fenolftaleína foi, por muitos anos, utilizada amplamente como princípio ativo de laxantes. Atualmente, seu principal uso é como indicador ácido-base. A seguir, são apresentadas a fórmula estrutural da fenolftaleína e algumas informações sobre sua solubilidade.



solubilidade em água: 0,092 g/L a 20 °C
solubilidade em etanol: 14 g/L a 20 °C

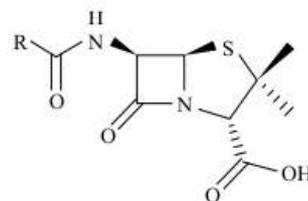
- Indique, na fórmula estrutural, os nomes e os agrupamentos característicos das funções orgânicas presentes na fenolftaleína.
- Com base em interações moleculares, explique o fato de a solubilidade da fenolftaleína em etanol ser maior do que em água, à mesma temperatura.

74 UFTM 2012 A crescente resistência humana a antibióticos poderá fazer com que esses medicamentos não sejam mais eficazes em um futuro próximo, levando o mundo a uma era “pós-antibióticos”, na qual uma simples infecção na garganta ou um arranhão podem ser fatais, afirma a OMS (Organização Mundial da Saúde).

Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude>>.

Desde a descoberta da penicilina em 1928 por Alexander Fleming, diversos outros antibióticos foram sintetizados pela

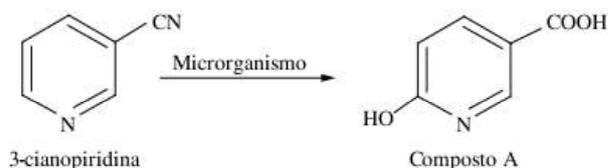
indústria farmacêutica. Na estrutura da benzilpenicilina, conhecida como penicilina G, o grupo R corresponde ao radical benzil.



Representação da estrutura geral da penicilina

- Escreva os nomes das funções orgânicas oxigenadas encontradas na estrutura da penicilina.
- Represente a estrutura da penicilina G e determine a fórmula molecular deste medicamento.

75 UFPB 2012 O uso de microrganismos como catalisadores, a biocatálise, vem sendo adotado em reações químicas, pois reduz os impactos ambientais gerados pelos processos clássicos, em que são usados os tradicionais catalisadores. A hidrogenação da 3-cianopiridina, abaixo representada, é um exemplo de reação biocatalítica que tem sido empregada com sucesso.

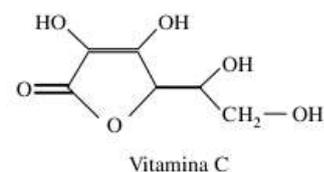


Considerando o exposto, julgue os itens a seguir, relativos ao composto A:

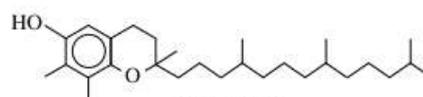
- Contém o grupo funcional *carboxila*.
- Contém o grupo funcional dos *aldeídos*.
- Apresenta cadeia carbônica homogênea.
- Apresenta cadeia carbônica insaturada.
- Possui fórmula molecular $C_6H_5NO_3$.

76 UFSM Na seção de “frutas e verduras”, Tomás comprou espinafre, alegando necessitar de vitamina E para combater a anemia, enquanto Gabi preferiu frutas cítricas devido à vitamina C.

Tomás lembrou a Gabi a necessidade de classificar essas vitaminas quanto à solubilidade em gorduras (lipossolúveis) e à solubilidade em água (hidrossolúveis). Observe as estruturas.



Vitamina C

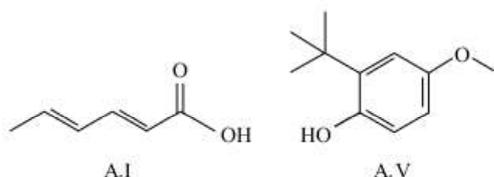


Vitamina E

Com base nessas estruturas, é correto afirmar que:

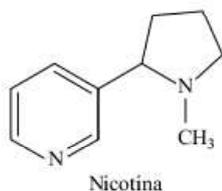
- ambas são lipossolúveis.
- ambas são hidrossolúveis.
- a vitamina C é hidrossolúvel e a E é lipossolúvel.
- a vitamina C é lipossolúvel e a E é hidrossolúvel.
- ambas são insolúveis.

77 Unifesp Usam-se aditivos para melhorar o aspecto e a preservação dos alimentos industrializados. O aditivo A.I é um agente antimicrobiano utilizado em alimentos como suco de frutas cítricas. O aditivo A.V é um agente antioxidante utilizado em alimentos como as margarinas.



- Dê os nomes dos grupos funcionais que contêm átomos de H encontrados nas duas estruturas. Qual dos dois aditivos pode apresentar maior solubilidade num solvente apolar? Justifique.
- Dentre os aditivos, qual seria o mais indicado para ser utilizado em alimentos de baixos valores de pH? Justifique. Dê o nome do aditivo A.I.

78 UFRGS 2015 Em 1851, um crime ocorrido na alta sociedade belga foi considerado o primeiro caso da Química Forense. O Conde e a Condessa de Bocarmé assassinaram o irmão da condessa, mas o casal dizia que o rapaz havia enfiado durante o jantar. Um químico provou haver grande quantidade de nicotina na garganta da vítima, constatando assim que havia ocorrido um envenenamento com extrato de folhas de tabaco.



Sobre a nicotina, são feitas as seguintes afirmações.

- Contém dois heterociclos.
- Apresenta uma amina terciária na sua estrutura.
- Possui a fórmula molecular $C_{10}H_{14}N_2$.

Quais estão corretas?

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

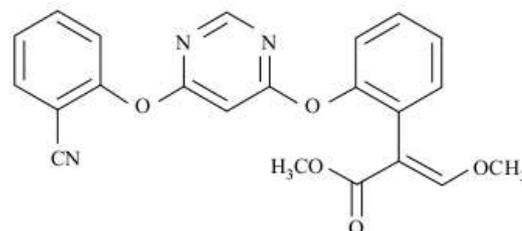
79 Espcex 2013 A tabela abaixo cria uma vinculação de uma ordem com a fórmula estrutural do composto orgânico, bem como o seu uso ou característica:

Ordem	Composto orgânico	Uso ou característica
1		Produção de desinfetantes e medicamentos
2		Conservante
3		Essência de maçã
4		Componente do vinagre
5		Matéria-prima para produção de plástico

A alternativa correta que relaciona a ordem com o grupo funcional de cada composto orgânico é:

- 1 – fenol; 2 – aldeído; 3 – éter; 4 – álcool; 5 – nitrocomposto.
- 1 – álcool; 2 – fenol; 3 – cetona; 4 – éster; 5 – amida.
- 1 – fenol; 2 – álcool; 3 – éter; 4 – ácido carboxílico; 5 – nitrocomposto.
- 1 – álcool; 2 – cetona; 3 – éster; 4 – aldeído; 5 – amina.
- 1 – fenol; 2 – aldeído; 3 – éster; 4 – ácido carboxílico; 5 – amida.

80 PUC-Rio 2013 A substância representada é conhecida comercialmente como azoxistrobina e é muito utilizada como fungicida em plantações de alho, amendoim e arroz, no combate às pragas.



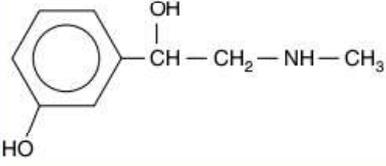
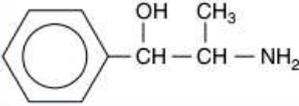
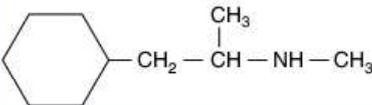
De acordo com a sua estrutura, é correto afirmar que azoxistrobina possui as seguintes funções orgânicas:

- éter e éster.
- éster e cetona.
- álcool e fenol.
- aldeído e éter.
- ácido carboxílico e amina.

81 PUC-MG Compostos derivados do NH_3 pela substituição de um ou mais hidrogênios por radicais alquila ou arila são da seguinte função orgânica:

- nitrocompostos
- amidas
- ésteres
- aminas

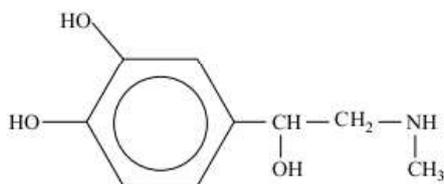
82 Fatec As três substâncias indicadas a seguir são usadas em remédios para gripe, devido a sua ação como descongestionantes nasais:

	neosalina
	propadina
	benzedrex

Essas três substâncias apresentam em comum, em suas estruturas, o grupo funcional:

- (a) benzeno. (c) álcool. (e) amina.
 (b) fênol. (d) amida.

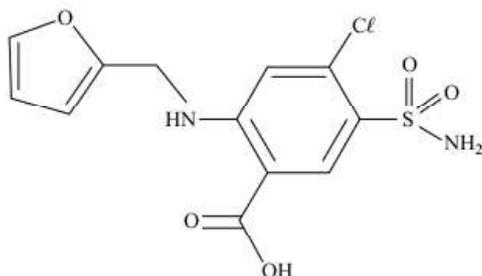
83 UFSCar A epinefrina (adrenalina), fórmula estrutural representada na figura a seguir, é uma substância que aumenta a pressão sanguínea e força a contração cardíaca e a pulsação. É o agente químico secretado pelo organismo em momentos de tensão. Pode ser administrada em casos de asma brônquica para abrir os canais dos pulmões.



As funções orgânicas presentes na epinefrina são:

- (a) álcool, amida e fenol. (d) álcool, amina e fenol.
 (b) álcool, aldeído e amina. (e) álcool, aldeído e amida.
 (c) amina, cetona e fenol.

84 FGV Nos Jogos Olímpicos de Pequim, os organizadores fizeram uso de exames *antidoping* bastante sofisticados, para detecção de uma quantidade variada de substâncias químicas de uso proibido. Dentre essas substâncias, encontra-se a furosemida, estrutura química representada na figura. A furosemida é um diurético capaz de mascarar o consumo de outras substâncias dopantes.

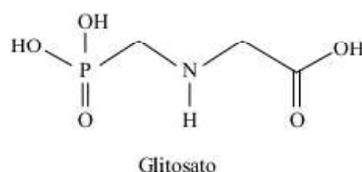


Na estrutura química desse diurético, podem ser encontrados os grupos funcionais:

- (a) ácido carboxílico, amina e éter.
 (b) ácido carboxílico, amina e éster.
 (c) ácido carboxílico, amida e éster.
 (d) amina, cetona e álcool.
 (e) amida, cetona e álcool.

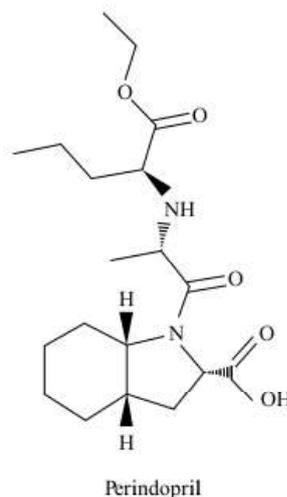
85 UFRJ O cultivo de espécies de soja geneticamente modificada (soja transgênica) é um assunto em discussão em nosso país. Entre outros pontos polêmicos, destacam-se: o impacto ambiental, os efeitos de alimentos transgênicos nos seres humanos e os aspectos de dependência tecnológica envolvidos.

A alteração do código genético da soja permite produzir sementes resistentes ao uso de herbicidas utilizados no combate de ervas daninhas. Um dos herbicidas mais utilizados é o chamado glifosato:



Dê o nome de dois grupos funcionais orgânicos presentes na molécula do glifosato.

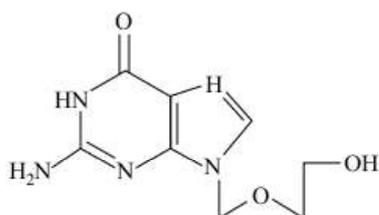
86 UFTM 2012 No ano de 2011 comemora-se o Ano Internacional da Química. A celebração, coordenada pela Unesco/lupac, ressalta os inúmeros benefícios da química para a humanidade, e tem o mote "Química para um Mundo Melhor". Seu objetivo principal é a educação, em todos os níveis, e uma reflexão sobre o papel da química na criação de um mundo sustentável. Uma das participações mais importantes da química no bem-estar social consiste no desenvolvimento de fármacos e medicamentos que evitam e curam doenças, como, por exemplo, o perindopril, empregado no controle da hipertensão arterial.



Na molécula do perindopril estão presentes os grupos funcionais:

- (a) amida, álcool e cetona.
- (b) amida, álcool e éster.
- (c) amida, ácido carboxílico e éter.
- (d) amina, ácido carboxílico e éter.
- (e) amina, ácido carboxílico e éster.

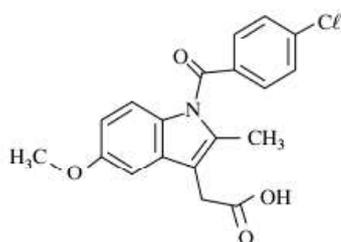
87 UFTM 2012 A estrutura representada na figura corresponde à fórmula estrutural do aciclovir, medicamento genérico utilizado no tratamento de infecções cutâneas pelo vírus do herpes simples, cuja venda é feita sob prescrição médica.



Na estrutura dessa molécula são encontradas as funções orgânicas

- (a) álcool, amida, amina e éter.
- (b) álcool, amida, amina e éster.
- (c) álcool, cetona, amida e éter.
- (d) aldeído, amida, amina e éster.
- (e) aldeído, amina, cetona e éter.

88 PUC-Rio 2012 A indometacina (ver figura) é uma substância que possui atividade anti-inflamatória, muito utilizada no tratamento de inflamações das articulações. De acordo com a estrutura da indometacina, é correto afirmar que estão presentes as seguintes funções orgânicas:



- (a) éter, nitrila e ácido carboxílico.
- (b) éter, ácido carboxílico e haleto.
- (c) fenol, éter e haleto.
- (d) cetona, álcool e anidrido.
- (e) éster, nitrila e cetona.

89 Ulbra 2012

A Anvisa decidiu, em 4/10/2011, proibir 3 dos mais famosos remédios utilizados para emagrecer: anfepranona, o femproporex e o mazindol. Assim, remédios como o Dualid's, Desobesi, entre outros, não poderão mais ser comercializados no Brasil. Sibutramina passa a ter maior controle e rigor. Em 2010, os remédios foram proibidos na Europa por manifestarem diversos efeitos colaterais. Essas medidas visam evitar a dependência e o grande número de problemas que as pessoas estavam enfrentando com tais remédios, já que são a forma mais fácil de emagrecer. A melhor forma de ficar em forma será sempre uma dieta balanceada, hábitos saudáveis e a prática de exercícios.

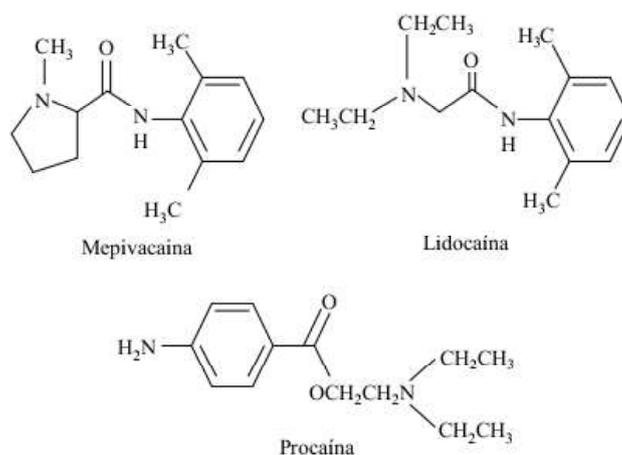
Disponível em: <veja.abril.com.br>.

	<p>(a) Anfepranoma</p>
<p>(b) Fenproporex</p>	<p>(c) Mazindol</p>

Cinco das funções orgânicas encontradas nas estruturas dessas drogas são as seguintes:

- (a) aromático, aldeído, azida, fenol e haleto de acila.
- (b) cetona, amida, álcool, haleto de arila e nitrila.
- (c) aromático, aldeído, álcool, amina e haleto de arila.
- (d) cetona, amina, nitrila, álcool e haleto de arila.
- (e) éster, amina, fenol, nitrila e haleto de alquila.

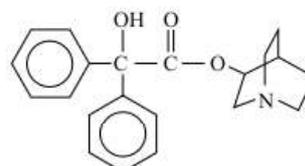
90 PUC-PR A seguir, estão representadas as estruturas de três substâncias usadas como anestésicos locais.



Assinale o grupo funcional comum a todas elas.

- (a) Amida.
- (b) Éster.
- (c) Amina.
- (d) Fenol.

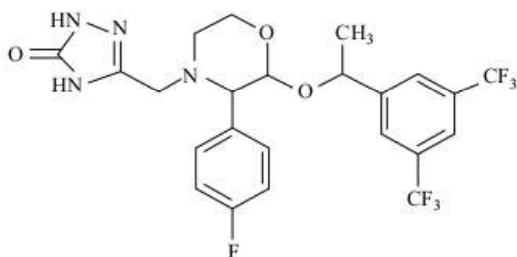
91 FGV A figura representa a fórmula estrutural da substância éster benzílico do quinuclidinol, conhecida como BZ, utilizada como arma química. Essa substância é um sólido que pode ser disperso na forma de um aerossol, produzindo alucinações, vertigem, perda de orientação e amnésia.



Duas das funções orgânicas existentes na estrutura dessa substância são:

- (a) éter e amida.
- (b) álcool e amina.
- (c) fenol e éter.
- (d) fenol e amida.
- (e) cetona e amina.

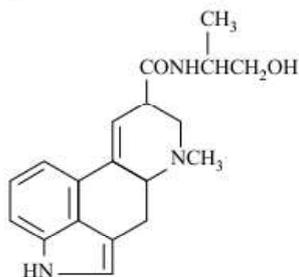
92 UFSCar Estudos pré-clínicos têm demonstrado que uma droga conhecida por aprepitante apresenta ação inibitória dos vômitos induzidos por agentes quimioterápicos citotóxicos, tais como a cisplatina. Essa droga apresenta a seguinte fórmula estrutural:



Duas das funções orgânicas encontradas na estrutura dessa droga são:

- (a) cetona e amina.
- (b) cetona e éter.
- (c) amina e éter.
- (d) amina e éster.
- (e) amida e éster.

93 UFMG A ergonovina é um alcaloide natural encontrado em alguns fungos parasitas:



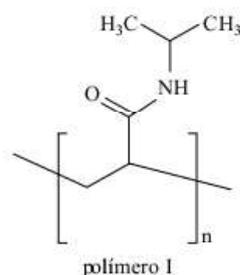
Considerando-se a estrutura desse produto, é incorreto afirmar que a ergonovina apresenta:

- (a) um grupo carbonila.
- (b) um grupo hidroxila.
- (c) dois anéis benzênicos.
- (d) dois grupos amino.

94 Unesp 2013 Recentemente, pesquisadores criaram um algodão que é capaz de capturar elevadas quantidades de água do ar. Eles revestiram fibras naturais de algodão com o polímero I, que tem a propriedade de sofrer transições rápidas e reversíveis em resposta a mudanças de temperatura. Assim, as fibras revestidas funcionam como uma "esponja de algodão". Abaixo dos 34 °C as fibras do algodão revestido se abrem, coletando a umidade do ar. Quando

a temperatura sobe, os poros do tecido se fecham, liberando toda a água retida em seu interior – uma água totalmente pura, sem traços do material sintético.

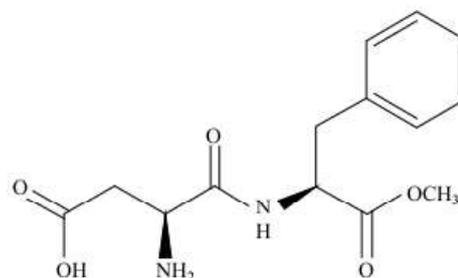
Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br>. (Adapt.)



Na representação do polímero I, observa-se a unidade da cadeia polimérica que se repete n vezes para a formação da macromolécula. Essa unidade polimérica apresenta um grupo funcional classificado como

- (a) amina.
- (b) amida.
- (c) aldeído.
- (d) hidrocarboneto.
- (e) éster.

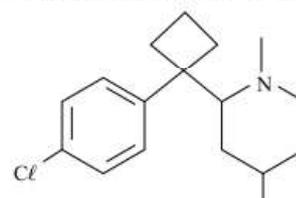
95 UERN 2013 O aspartamo ou aspartame, aditivo alimentar utilizado para substituir o açúcar comum, foi criado em 1965 pela empresa americana G.D. Searle & Company, sendo comprada, posteriormente, pela Monsanto. Possui maior poder de adoçar (cerca de 200 vezes mais doce que a sacarose) e é menos denso. O aspartamo, geralmente, é vendido junto com outros produtos e é o mais utilizado em bebidas.



Analisando a estrutura molecular do aspartamo, é correto afirmar que possui

- (a) 1 éster e 1 cetona.
- (b) 1 amida e 1 cetona.
- (c) 1 aromático e 6 ligações sigma.
- (d) 9 carbonos sp² e 5 carbonos sp³.

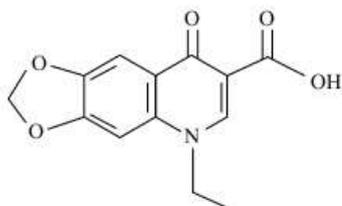
96 PUC-Rio A sibutramina (representada a seguir) é um fármaco controlado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária que tem por finalidade agir como moderador de apetite.



Sobre a sibutramina, é incorreto afirmar que:

- (a) se trata de uma substância aromática.
- (b) se identifica um elemento da família dos halogênios em sua estrutura.
- (c) sua fórmula molecular é $C_{12}H_{11}NCl$.
- (d) se identifica uma amina terciária em sua estrutura.
- (e) se identifica a presença de ligações π em sua estrutura.

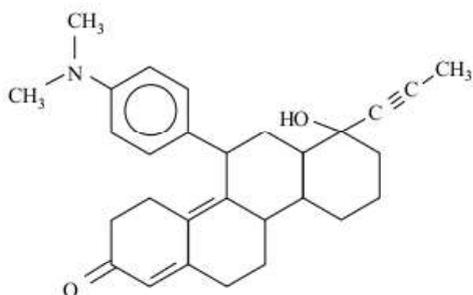
97 PUC-MG O composto antibacteriano ácido oxalínico é representado pela fórmula estrutural:



e apresenta as seguintes funções:

- (a) éster, cetona, amina e éter.
- (b) éter, cetona, amina e ácido carboxílico.
- (c) éster, amida, amina e ácido carboxílico.
- (d) éster, amina, fenol e cetona.
- (e) éter, amida, éster e amina.

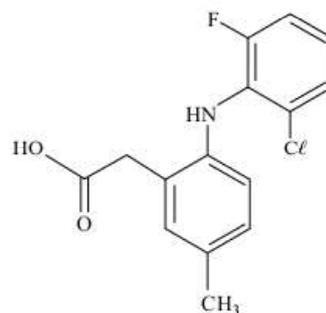
98 UFF Em 1988, foi publicada uma pesquisa na França sobre uma substância química denominada “Mifepristona”, cuja estrutura é apresentada a seguir. Essa substância é conhecida como a “pílula do dia seguinte”, que bloqueia a ação da progesterona, o hormônio responsável pela manutenção da gravidez.



Com base na estrutura da substância apresentada, pode-se observar a presença dos seguintes grupos funcionais:

- (a) amida, cetona, fenol.
- (b) amida, alcino, alceno.
- (c) amina, alcino, fenol.
- (d) amina, cetona, álcool.
- (e) amina, nitrila, álcool.

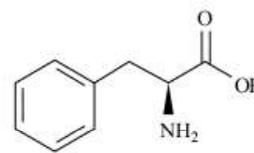
99 Unifesp Em julho de 2008, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária proibiu a comercialização do anti-inflamatório “Prexige” em todo o país. Essa medida deve-se aos diversos efeitos colaterais desse medicamento, dentre eles a arritmia, a hipertensão e a hemorragia em usuários. O princípio ativo do medicamento é o lumiracoxibe, cuja fórmula estrutural encontra-se representada na figura a seguir.



Na estrutura do lumiracoxibe, podem ser encontrados os grupos funcionais:

- (a) ácido carboxílico e amida.
- (b) ácido carboxílico e amina.
- (c) amida e cetona.
- (d) amida e amina.
- (e) amina e cetona.

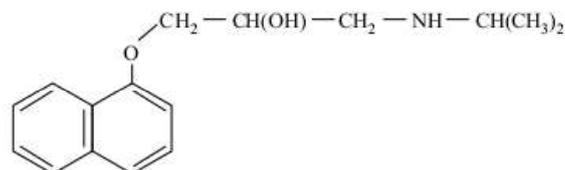
100 PUC-Rio Nossos corpos podem sintetizar onze aminoácidos em quantidades suficientes para nossas necessidades. Não podemos, porém, produzir as proteínas para a vida a não ser ingerindo os outros nove, conhecidos como aminoácidos essenciais.



Assinale a alternativa que indica apenas funções orgânicas encontradas no aminoácido essencial fenilalanina, mostrada na figura anterior.

- (a) Álcool e amida.
- (b) Éter e éster.
- (c) Ácido orgânico e amida.
- (d) Ácido orgânico e amina primária.
- (e) Amina primária e aldeído.

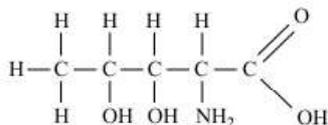
101 UFRGS Considere a fórmula a seguir.



Ela corresponde ao medicamento de nome propranolol, indicado no tratamento de doenças do coração. Em sua estrutura, estão presentes as funções orgânicas:

- (a) éter aromático, álcool e amina alifática.
- (b) fenol, éter, álcool e amina aromática.
- (c) éster, fenol e amida.
- (d) éster alifático, álcool e amida.
- (e) éter alifático, fenol e amina.

102 UFRRJ



Na substância, cuja fórmula estrutural está representada anteriormente, estão presentes as seguintes funções orgânicas.

- (a) Aldeído, amida e álcool.
- (b) Éster, álcool e amina.
- (c) Álcool, ácido carboxílico e amina.
- (d) Ácido carboxílico, amida e álcool.
- (e) Álcool, amida e cetona.

103 PUC-Rio Uma amina secundária é:

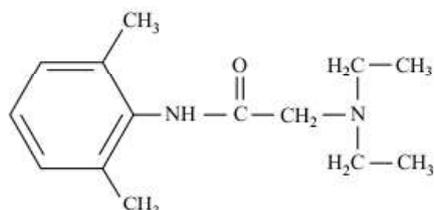
- (a) um composto orgânico com um grupo ($-NH_2$) no átomo de C na posição 2 de uma cadeia.
- (b) um composto orgânico com dois grupos ($-NH_2$) na cadeia principal.
- (c) um composto orgânico com dois átomos de carbono e um grupo ($-NH_2$) na cadeia principal.
- (d) um composto orgânico, no qual dois átomos de hidrogênio do NH_3 foram substituídos por radicais alquila ou arilas.
- (e) um composto orgânico com um grupo ($-NH_2$) e um grupo ($-COOH$).

104 UFPE Sobre as propriedades de alguns compostos orgânicos, podemos afirmar que:

- os álcoois apresentam uma hidroxila ligada ao carbono como grupo funcional, podendo formar pontes de hidrogênio.
- os ácidos carboxílicos não formam pontes de hidrogênio e, por isso, apresentam ponto de ebulição muito baixo.
- os ésteres, as cetonas, os aldeídos, os ácidos carboxílicos e as amidas têm em comum o grupo funcional carbonila.
- os aldeídos, assim como os álcoois, possuem uma hidroxila como grupo funcional.
- as aminas são compostos que apresentam uma ligação carbono-nitrogênio, como grupo funcional e apresentam um caráter básico.

Soma =

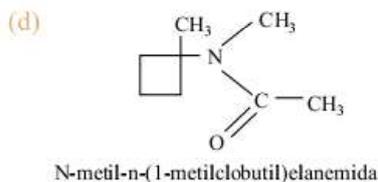
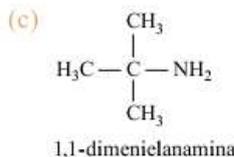
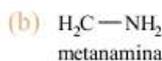
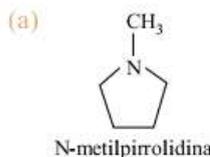
105 Unesp Em agosto de 2005, foi noticiada a apreensão de lotes de lidocaína que teriam causado a morte de diversas pessoas no Brasil, devido a problemas de fabricação. Esse fármaco é um anestésico local muito utilizado em exames endoscópicos, diminuindo o desconforto do paciente. Sua estrutura molecular está representada a seguir:



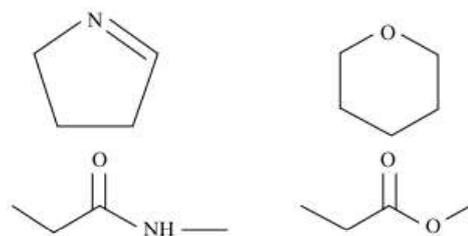
e apresenta as funções:

- (a) amina secundária e amina terciária.
- (b) amida e amina terciária.
- (c) amida e éster.
- (d) éster e amina terciária.
- (e) éster e amina secundária.

106 UFU Muitas aminas têm como característica um odor desagradável. Putrescina e cadaverina são exemplos de aminas que exalam odor de carne em apodrecimento. Dos compostos nitrogenados a seguir, assinale a alternativa que apresenta uma amina terciária.



107 Uerj Observe na ilustração a seguir estruturas de importantes substâncias de uso industrial.



Em cada uma dessas substâncias, o número de átomos de carbono pode ser representado por x e o número de heteroátomos por y .

O maior valor da razão $\frac{x}{y}$ é encontrado na substância pertencente à seguinte função química.

- (a) Éter.
- (b) Éster.
- (c) Amina.
- (d) Amida.

108 Unioeste 2012 A reação de Schotten-Bauman é um método prático de obtenção de compostos carbonilados, como mostrado na reação abaixo:



O produto carbonilado obtido nesta reação pertence à família

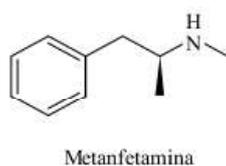
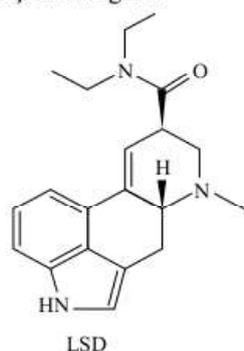
- (a) das aminas. (d) dos ácidos carboxílicos.
 (b) das amidas. (e) dos ésteres.
 (c) das nitrilas.

109 UPF 2012 Aminas e amidas são funções orgânicas nitrogenadas muito importantes, sendo suas substâncias comumente encontradas em muitos organismos vivos, com propriedades peculiares. No caso das aminas destacam-se a dopamina e a serotonina, responsáveis por informações químicas do sistema nervoso; por sua vez, as amidas, como a ureia e o ácido úrico, são matérias-primas bastante utilizadas em laboratórios químicos e farmacêuticos para a produção de outros materiais. A respeito destes grupos de compostos orgânicos assinale a alternativa que apresenta uma afirmativa **incorreta**:

- (a) Aminas com até 5 átomos de carbono na molécula, inclusive as terciárias, são compostos orgânicos insolúveis em água devido à existência de carbonos tetraédricos em sua estrutura, o que torna estas moléculas apolares.
 (b) Uma amina primária apresenta apenas um átomo de hidrogênio substituído; secundária é aquela que apresenta dois átomos de hidrogênio substituídos, e uma amina terciária, três átomos de hidrogênio substituídos.
 (c) Amidas mais simples são solúveis em água e pouco solúveis em solventes apolares como o n-hexano.
 (d) Aminas são compostos orgânicos derivados da amônia e, como o átomo de nitrogênio pode ceder um par de elétrons, as aminas possuem caráter básico.
 (e) As amidas são todos os compostos orgânicos que apresentam um átomo de nitrogênio ligado diretamente a um grupo carbonila.

110 Acafe 2012 No jornal *O Estado de S. Paulo*, de 16 de junho de 2011, foi publicada uma reportagem sobre uma apreensão de drogas sintéticas “[...] A Polícia Federal (PF) apreendeu cerca de 9,2 quilos de metanfetamina e 26.985 pontos de LSD, na última terça-feira, no Aeroporto Internacional de São Paulo, em Guarulhos – SP. Essa foi a primeira apreensão de drogas sintéticas este ano na rota de entrada no Brasil por esse aeroporto. [...]”.

Com base nos conceitos químicos e no texto acima, analise as afirmações a seguir.

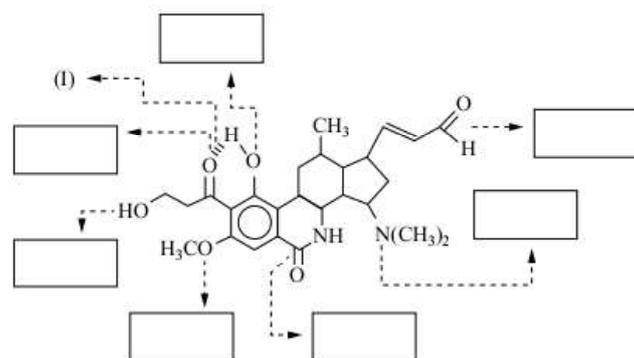


- I. Tanto a metanfetamina quanto o LSD apresentam a função química amida.
 II. A metanfetamina e o LSD não apresentam o fenômeno da ressonância.
 III. $\text{C}_{20}\text{H}_{25}\text{N}_3\text{O}$ é a fórmula molecular do LSD.
 IV. A metanfetamina possui fórmula molecular $\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{N}$.

Assinale a alternativa correta.

- (a) Apenas III e IV estão corretas.
 (b) Apenas II, III e IV estão corretas.
 (c) Apenas a afirmação II está correta.
 (d) Apenas II e III estão corretas.

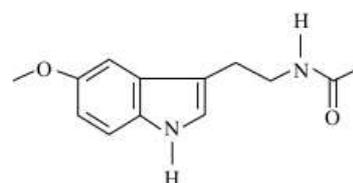
111 UEG O aumento na expectativa de vida do ser humano está relacionado, entre outras coisas, às condições higiênico-sanitárias. Entretanto, é inquestionável que o desenvolvimento de vários medicamentos eficazes no tratamento de muitas doenças também desempenhou um papel importante na longevidade do ser humano. A grande parte dos fármacos comercializados são compostos orgânicos. Suas propriedades terapêuticas estão relacionadas, entre outros fatores, à presença de certos grupos funcionais em sua estrutura. Considerando a molécula orgânica a seguir, responda ao que se pede.



- a) Utilizando os espaços designados na figura, identifique a função química que representa cada um dos grupos funcionais.
 b) Que tipo de interação química intramolecular está representado em (I)?

112 Puccamp Duas doenças não infecciosas que preocupam o homem moderno são a diabetes e o mal de Alzheimer.

Enquanto a cura de diabetes está sendo pesquisada através da engenharia genética, testes de laboratório utilizando a melatonina indicaram bons resultados para controlar o mal de Alzheimer. A fórmula estrutural da melatonina é:

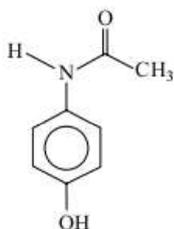


Analisando-a, um estudante afirmou que, na molécula da melatonina:

Nessa estrutura, podem-se identificar os grupos funcionais:

- (a) álcool e amida.
- (b) fenol, amina e cetona.
- (c) álcool, amina e cetona.
- (d) fenol e amida.

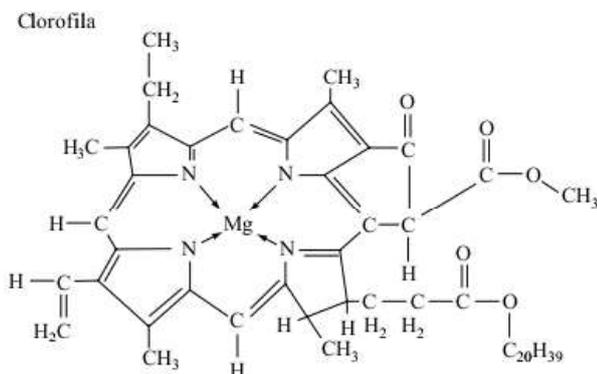
119 UFMG O paracetamol, empregado na fabricação de anti-térmicos e analgésicos, tem esta estrutura:



É incorreto afirmar que, entre os grupamentos moleculares presentes nessa estrutura, inclui-se o grupo:

- (a) amino.
- (b) carbonila.
- (c) hidroxila.
- (d) metila.

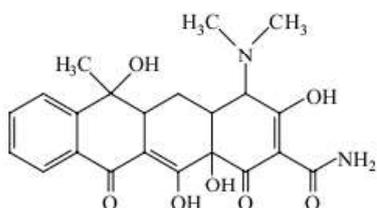
120 UFSM Os vegetais verdes, componentes das biotas, possuem, em suas estruturas, moléculas de clorofila.



Observe a representação da clorofila e assinale a alternativa que contém o(s) grupo(s) funcional(is) oxigenado(s) que a compõe(m).

- (a) Cetona.
- (b) Éster.
- (c) Amidas.
- (d) Cetona e ésteres.
- (e) Ésteres e amidas.

121 Udesc O desenvolvimento das técnicas de síntese, em química orgânica, proporcionou a descoberta de muitas drogas com atividades terapêuticas. A estrutura a seguir representa as moléculas do antibiótico tetraciclina.



- a) Transcreva a estrutura apresentada e circule as funções orgânicas, identificando-as.
- b) Indique o(s) anel(éis) aromático(s) presente(s) no composto.
- c) Qual a hibridização do carbono pertencente à função amida?

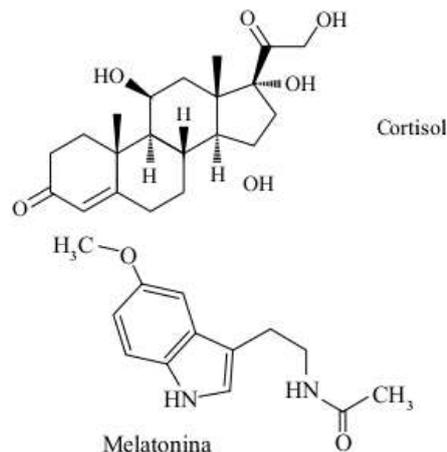
Texto para a questão **122**.

Leia o texto abaixo para responder à questão a seguir.

Apesar das mudanças ocorridas na sociedade, os adultos, em geral, ainda têm muita dificuldade de compreender o comportamento dos adolescentes. Estudos recentes demonstram que, além das mudanças hormonais, algumas regiões do cérebro ainda estão em desenvolvimento, nessa fase da vida, o que leva às oscilações de humor e ao comportamento reativo. Além disso, é o cérebro que comanda a produção dos hormônios. Especialistas explicam que, entre os 11 e os 13 anos e até os 18 ou 19 anos, os níveis de testosterona, um hormônio sexual, serão os mais altos e mais baixos de toda a vida, e a melatonina, hormônio que induz ao sono, é secretada nos adolescentes mais tarde que em crianças e adultos, o que atrasa a sonolência. É comum que os adolescentes sintam sono só depois da meia-noite e que tenham dificuldade em acordar, para realizar atividades no início da manhã, devido à secreção do adrenocorticotrófico – hormônio que estimula a produção de cortisol, substância que nos permite ficar alertas – que ocorre um pouco mais tarde pela manhã. As novas descobertas sobre essa fase da vida ajudam a reconhecer o adolescente como um indivíduo que não está pronto e, por isso, precisa ser acolhido e orientado.

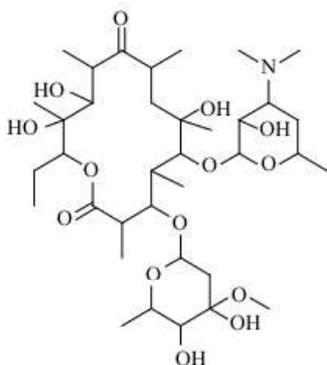
STAM, Gilberto. O cérebro adolescente, neuroeducação. São Paulo: Segmento, n. 4, 2015, p. 40-43. (Adapt.)

122 EBMSP 2016



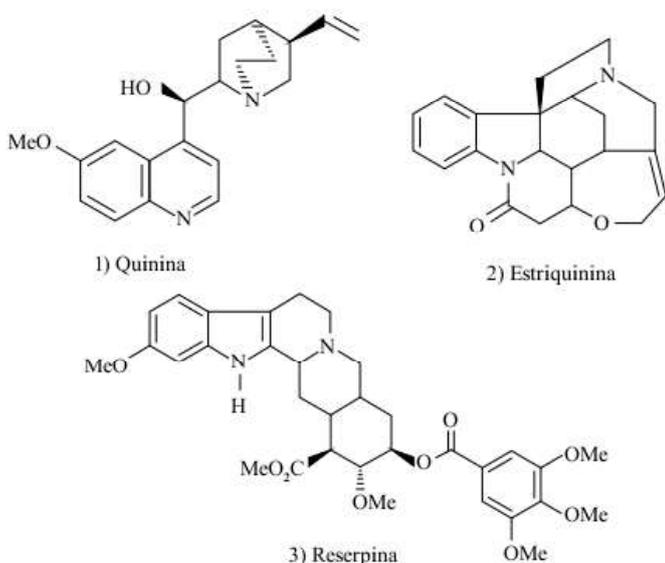
Com base na análise das estruturas do cortisol e da melatonina, – classifique a cadeia carbônica da melatonina, de acordo com dois critérios diferentes, – escreva o nome da classe funcional formada pela carbonila, em cada uma das estruturas apresentadas.

123 IME 2015 A eritromicina é uma substância antibacteriana do grupo dos macrolídeos muito utilizada no tratamento de diversas infecções. Dada a estrutura da eritromicina abaixo, assinale a alternativa que corresponde às funções orgânicas presentes.



- (a) Álcool, nitrila, amida, ácido carboxílico.
 (b) Álcool, cetona, éter, aldeído, amina.
 (c) Amina, éter, éster, ácido carboxílico, álcool.
 (d) Éter, éster, cetona, amina, álcool.
 (e) Aldeído, éster, cetona, amida, éter.

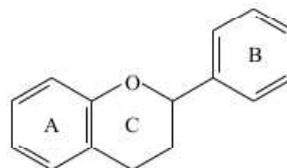
124 UPF 2015 O químico Woodward, no período de 1945 a 1958, sintetizou os alcaloides quinina (1), estriquinina (2) e reserpina (3). Alcaloides são compostos orgânicos nitrogenados que possuem um ou mais átomos de nitrogênio em seu esqueleto carbônico, de estrutura complexa e de caráter básico. Observe a fórmula estrutural dos alcaloides.



Sobre as estruturas das substâncias químicas descritas acima, assinale a alternativa **incorreta**.

- (a) As estruturas 1, 2 e 3 apresentam pelo menos um anel aromático.
 (b) Na estrutura 1, há uma hidroxila caracterizando a função álcool, ligada a um átomo de carbono secundário.
 (c) Na estrutura 3, existem átomos de oxigênio entre átomos de carbonos, como heteroátomos, relativos à função éter e à função éster.
 (d) A estrutura 2 é uma função mista, na qual existem os grupos funcionais relativos à amida, ao éter e à amina.
 (e) Na estrutura 3, tem-se um sal orgânico formado pela substituição da hidroxila do grupo carboxila de um ácido orgânico por um grupo alcóxila proveniente de um álcool.

125 UFG 2014 Os flavonoides, cuja estrutura básica é apresentada a seguir, são compostos comumente encontrados em alimentos.



Considerando o exposto,

- a) introduza os substituintes adequados nos anéis A, B e C, para que sejam representados, respectivamente, os grupos funcionais de um álcool, uma amida e um ácido carboxílico;
 b) indique o número de carbonos sp^2 e sp^3 presentes na estrutura do flavonoide apresentado.

Texto para a questão 126.

Leia o texto e as informações adicionais que o seguem para responder à questão.

O incêndio na boate Kiss, em Santa Maria (RS), ocorrido no início deste ano [2013], trouxe à tona uma série de questões sobre a segurança dos estabelecimentos e também sobre o atendimento a vítimas de grandes incêndios. Uma delas é por que foi preciso trazer dos Estados Unidos uma substância tão simples – uma vitamina B injetável – para atender os pacientes que, segundo exames, foram intoxicados com cianeto?



O gás cianídrico liberado na queima da espuma, utilizada para melhorar a acústica da casa noturna, intoxicou a maior parte das vítimas, segundo perícia.

“É descaso e ignorância”, resume o toxicologista Anthony Wong, diretor do Ceatox (Centro de Assistência Toxicológica do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo). Segundo ele, é inadmissível que o país não tenha a substância e que seu uso não seja difundido entre médicos e socorristas, como acontece em outras partes do mundo.

A hidroxocobalamina, que faz parte do complexo B, é usada em altas concentrações como antídoto para o cianeto. O gás, o mesmo que já foi usado no extermínio de judeus nos campos de concentração nazistas, é subproduto da queima de diversos componentes usados na indústria, como o plástico, o acrílico e a espuma de poliuretano. Segundo os peritos que investigam o incêndio em Santa Maria, essa última foi usada no isolamento acústico da boate.

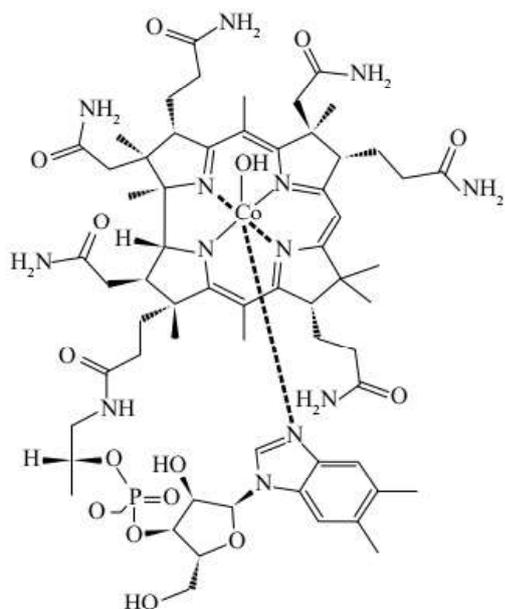
Capaz de matar em poucos minutos, o cianeto bloqueia a cadeia respiratória das células, impedindo que o oxigênio chegue aos órgãos e tecidos. Quando usada logo após a exposição, a hidroxocobalamina salva vidas. "O efeito é tão rápido que parece até milagroso", conta Wong. Mas isso não é algo que os médicos aprendem na escola: "São poucas as faculdades que oferecem curso de toxicologia e, nas que têm, a matéria é opcional".

Disponível em: <http://noticias.uol.com.br>. (Adapt.)

Informações adicionais:

– O gás cianídrico é o cianeto de hidrogênio (HCN) no estado gasoso.

– A fórmula estrutural da hidroxocobalamina é:



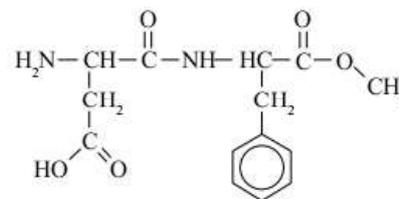
– A massa molar da hidroxocobalamina é aproximadamente igual a $1,3 \cdot 10^3$ g/mol.

126 UFTM 2013 Entre as funções orgânicas presentes na hidroxocobalamina, encontram-se

- (a) amida e fenol.
- (b) álcool e ácido carboxílico.
- (c) amida e álcool.
- (d) amida e ácido carboxílico.
- (e) álcool e fenol.

127 PUC-SP Considere na resolução deste exercício que cada 1g de carboidrato ou de dipeptídeo metabolizado fornece 4 kcal de energia. O aspartame é um adoçante sintético (edulcorante artificial) muito utilizado atualmente por pessoas diabéticas e por aqueles que desejam ter uma dieta menos calórica.

A fórmula estrutural do aspartame está representada a seguir.



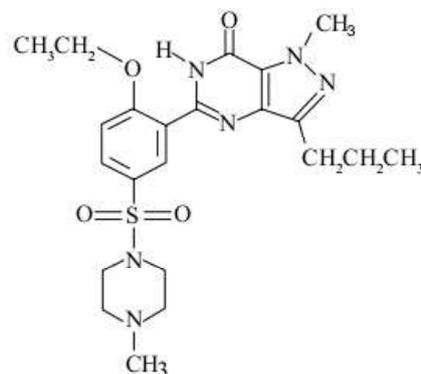
Sobre o aspartame e o seu uso como adoçante, foram feitas algumas afirmações.

- I. O aspartame apresenta as funções amina, amida e ácido carboxílico.
- II. O aspartame é praticamente insolúvel em etanol.
- III. O aspartame não é metabolizado pelo organismo e, por isso, as dietas que substituem o açúcar pelo aspartame são menos calóricas.
- IV. Uma certa massa de aspartame fornece muito menos energia do que a mesma massa de açúcar.
- V. O poder edulcorante do aspartame é muito maior do que o açúcar. Então, para o mesmo efeito, utiliza-se uma quantidade muito menor de aspartame, reduzindo-se o poder calórico da dieta.

Estão corretas apenas as afirmações:

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

128 UFPI O Viagra, o principal agente oral contra impotência sexual masculina, é um sal de ácido cítrico e sildenafil, a substância mostrada a seguir. Escolha a opção que contém três funções orgânicas presentes na sildenafil.



- (a) Cetona; éter; amina.
- (b) Cetona; hidrocarboneto; amida.
- (c) Fenol; éter; amina.
- (d) Álcool; amina; amida.
- (e) Éter; amina; amida.

7

FRENTE 1

Isomeria



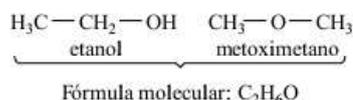
RUETSKAYA | DREAMSTIME.COM

O cominho é uma planta nativa da região do Egito, e suas sementes são utilizadas como tempero em diversas culinárias. Seu aroma característico (forte e apimentado) se deve à presença da carvona. O aroma de hortelã também se deve à presença da carvona. Esse fenômeno acontece em razão da isomeria existente entre as moléculas de carvona, que constituem tanto o aroma de hortelã quanto o de cominho.

Introdução

Isômeros são compostos diferentes que têm a mesma fórmula molecular, mas diferem no arranjo dos átomos na estrutura das moléculas, ou seja, substâncias diferentes, mas com a mesma fórmula molecular.

Observe as estruturas do etanol e do metoximetano.



Essas duas substâncias são claramente diferentes, mas suas fórmulas moleculares são iguais. A esse fenômeno atribui-se o nome **isomeria**, e a essas substâncias, **isômeros**. O termo "isomeria" é derivado do grego e significa partes iguais (*isos* = igual e *meso* = parte).

O número de isômeros aumenta com o aumento da quantidade de átomos de carbono presentes na molécula. Observe a Tab. 1 que mostra o número de isômeros possíveis para alguns alcanos.

Fórmula molecular	Número de isômeros
C_3H_8	1
C_4H_{10}	2
C_5H_{12}	3
C_6H_{14}	5
C_7H_{16}	9
C_8H_{18}	18
C_9H_{20}	35
$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	75
$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	355
$\text{C}_{15}\text{H}_{32}$	4347
$\text{C}_{20}\text{H}_{42}$	366.319
$\text{C}_{30}\text{H}_{62}$	4.111.846.763
$\text{C}_{40}\text{H}_{82}$	62.481.801.147.341

KLEIN, D. *Química orgânica*. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 1, 2. p. 151.

Tab. 1 Número de isômeros possíveis de alguns alcanos.

O fenômeno da isomeria pode ser dividido em duas partes: **isomeria plana** ou **constitucional** e **isomeria espacial** ou **estereoisomeria**.

Isomeria plana ou constitucional

Na isomeria plana, os isômeros podem ser facilmente diferenciados pela observação de suas fórmulas estruturais planas, pois diferem na conectividade dos átomos que formam as moléculas isômeras.

Essa isomeria é dividida em cinco classes, que são nomeadas de acordo com sua principal diferença:

- isomeria de função;
- isomeria dinâmica ou tautomeria;
- isomeria de cadeia ou de núcleo;
- isomeria de compensação ou metameria;
- isomeria de posição.

Isomeria de função

Compostos que apresentam a mesma fórmula molecular, mas pertencem a funções orgânicas diferentes.

Observe alguns exemplos:

Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
	Álcool	Éter
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$	$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$

Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
	Aldeído	Cetona
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{H}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$

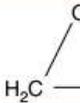
Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros	
	Ácido carboxílico	Éster
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$	$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_3$

Exemplo 4

Fórmula molecular	Isômeros		
	Álcool aromático	Éter aromático	Fenol
$\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$			

Exemplo 5

Fórmula molecular	Isômeros	
	Éter	Aldeído
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$		$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})\text{H}$

Exemplo 6

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cetona	Álcool
$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}=\text{CH}_2$

Isomeria dinâmica ou tautomeria

É um caso particular de isomeria de função em que os isômeros coexistem em um equilíbrio dinâmico. Os casos mais comuns acontecem nos equilíbrios aldoenólico, cetoenólico e amida-hidroxi-imina.

Exemplo 1

Equilíbrio	Isômeros	
	Aldeído	Enol
Aldoenólico	$\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{C}=\overset{\text{OH}}{\text{C}}$	

Exemplo 2

Equilíbrio	Isômeros	
	Cetona	Enol
Cetoenólico	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{C}=\overset{\text{OH}}{\text{C}}-\text{CH}_3$	

Exemplo 3

Equilíbrio	Isômeros	
	Amida	Hidroxi-imina
Amida-hidroxi-imina	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2 \rightleftharpoons \text{H}_3\text{C}-\overset{\text{OH}}{\text{C}}=\text{NH}$	

Normalmente o equilíbrio é muito deslocado no sentido do composto carbonílico. A concentração de enol presente em um equilíbrio aldoenólico ou cetoenólico é menor que 0,01% e um pouco maior no equilíbrio amida-hidroxi-imina, em função da maior eletronegatividade do nitrogênio em relação ao carbono.

ATENÇÃO!

Esse tipo de isomeria pode acontecer em qualquer composto carbonílico que tiver hidrogênio no átomo vizinho à carbonila. Em todos os casos de tautomeria, o hidrogênio do átomo vizinho se ligará ao oxigênio, e a ligação dupla passará a ser entre o carbono da carbonila e o átomo vizinho.



Isomeria de cadeia ou de núcleo

Compostos que apresentam a mesma fórmula molecular, pertencem à mesma função orgânica, mas diferem no tipo de cadeia carbônica.

Observe alguns exemplos:

Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia aberta e insaturada	Cadeia fechada e saturada
C_4H_8	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\begin{array}{cc} \text{H}_2\text{C} & - & \text{CH}_2 \\ & & \\ \text{H}_2\text{C} & - & \text{CH}_2 \end{array}$

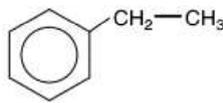
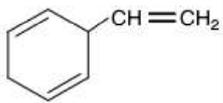
Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia normal	Cadeia ramificada
C_5H_{12}	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia homogênea	Cadeia heterogênea
$\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	$\text{H}_3\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_3$

Exemplo 4

Fórmula molecular	Isômeros	
	Cadeia aromática	Cadeia alicíclica
C_8H_{10}		

ATENÇÃO!

Também são classificadas como isomeria de cadeia as cadeias ramificadas que apresentam diferenças no tipo de ramificação ou na quantidade de ramificações, cadeias insaturadas com diferentes tipos de insaturação e cadeias cíclicas com diferentes tipos de ciclos.

Exemplo 5

Fórmula molecular	Isômeros	
C ₆ H ₁₄	Cadeia com uma ramificação	Cadeia com duas ramificações
	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

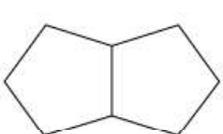
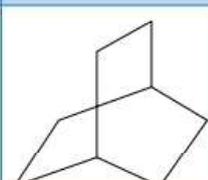
Exemplo 6

Fórmula molecular	Isômeros	
C ₆ H ₁₂ O	Cadeia ramificada com um grupo metil	Cadeia ramificada com um grupo etil
	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Exemplo 7

Fórmula molecular	Isômeros	
C ₄ H ₆	Cadeia insaturada com duas ligações duplas	Cadeia insaturada com uma ligação tripla
	H ₂ C=CH-CH=CH ₂	HC≡C-CH ₂ -CH ₃

Exemplo 8

Fórmula molecular	Isômeros	
C ₈ H ₁₄	Cadeia bicíclica	Cadeia tricíclica
		

Isomeria de posição

Os isômeros pertencem à mesma função orgânica e têm o mesmo tipo de cadeia, mas diferem na posição de um grupo funcional, insaturação ou ramificação.

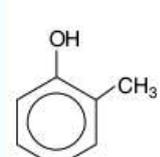
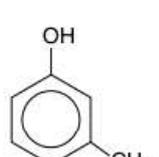
Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
C ₄ H ₈	Diferença na posição da insaturação	
	H ₂ C=CH-CH ₂ -CH ₃	H ₃ C-CH=CH-CH ₃

Exemplo 2

Fórmula molecular	Isômeros	
C ₄ H ₁₀ O	Diferença na posição do grupo funcional	
	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros		
C ₇ H ₈ O	Diferença na posição da ramificação		
			

Isomeria de compensação ou metameria

Caso particular de isomeria de posição em que os isômeros diferem na posição do heteroátomo.

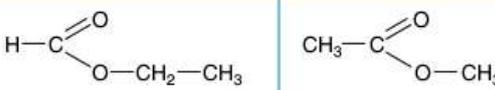
Exemplo 1

Fórmula molecular	Isômeros	
C ₄ H ₁₀ O	Metameria entre éteres	
	H ₃ C-CH ₂ -O-CH ₂ -CH ₃	H ₃ C-O-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃

Exemplo 2

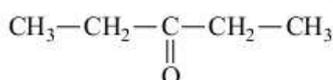
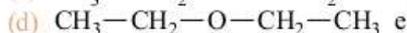
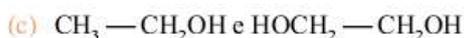
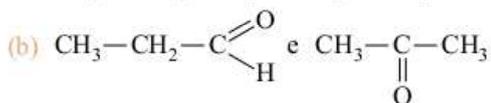
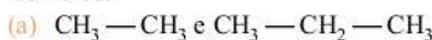
Fórmula molecular	Isômeros	
C ₄ H ₁₁ N	Metameria entre aminas	
	H ₃ C-NH-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	H ₃ C-CH ₂ -NH-CH ₂ -CH ₃

Exemplo 3

Fórmula molecular	Isômeros
C ₃ H ₆ O ₂	Metameria entre ésteres
	

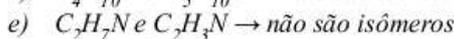
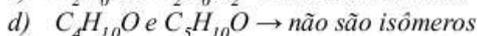
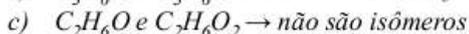
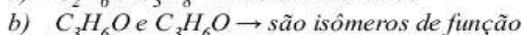
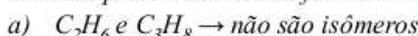
Exercício resolvido

1 Cesgranrio Assinale a alternativa que indica um par de isômeros:



Resolução:

Isômeros são substâncias diferentes que apresentam a mesma fórmula molecular, portanto, basta verificar qual par de substâncias apresenta a mesma fórmula molecular.



Alternativa: B.

Isomeria espacial ou estereoisomeria

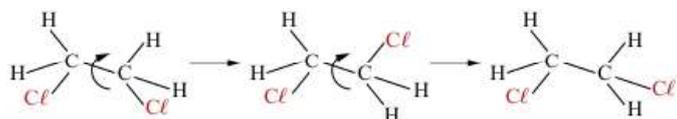
Isômeros espaciais ou estereoisômeros são os que apresentam a mesma conectividade entre os átomos, mas diferem na disposição espacial dos átomos na molécula.

Nesses casos, para perceber a diferença entre os isômeros, é necessário analisar a estrutura espacial (geometria) das moléculas.

Existem dois tipos de isomeria espacial, a isomeria **geométrica** e a isomeria **óptica**.

Isomeria geométrica

Em um composto como o 1,2-dicloroetano, a ligação simples (σ) entre átomos de carbono permite que eles rotacionem livremente em relação aos outros.



Nesse caso, a relação entre as posições, no espaço, que os ligantes dos átomos de carbono ocupam é irrelevante, pois se trata da mesma substância.

Entretanto, quando dois átomos de carbono estão unidos por uma ligação dupla, a presença da ligação π (pi) entre carbonos (Fig. 1) impede a livre rotação entre eles.

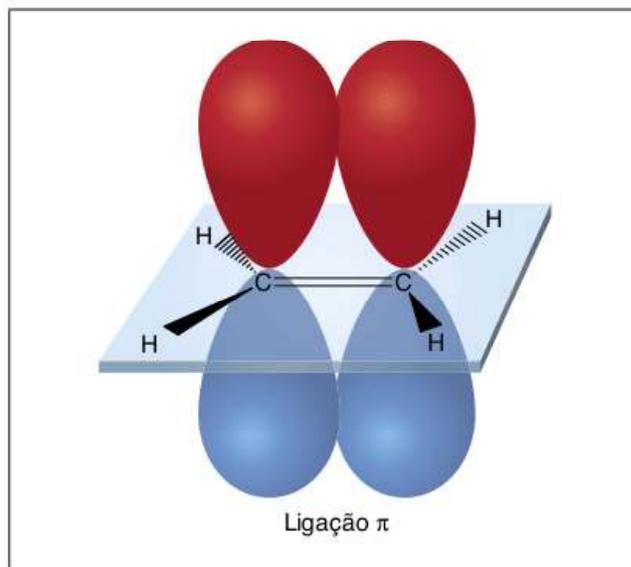
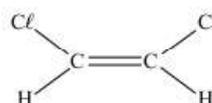


Fig. 1 Molécula do eteno.

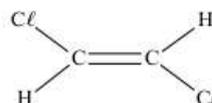
Em um composto como o 1,2-dicloroeteno, a ligação π entre os átomos de carbono impede a rotação entre eles. Portanto, a relação entre as posições, no espaço, que os ligantes dos átomos de carbono assumem passa a ser relevante, pois se formam substâncias diferentes.

Estrutura 1



Temperatura de fusão = -80 °C
Temperatura de ebulição = 60 °C
Densidade (20 °C) = 1,284 g/cm³

Estrutura 2

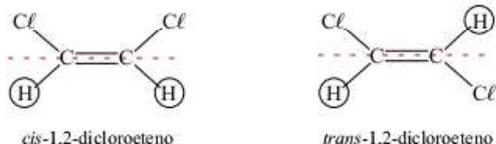


Temperatura de fusão = -50 °C
Temperatura de ebulição = 48 °C
Densidade (20 °C) = 1,257 g/cm³

Nas estruturas 1 e 2, percebemos que, apesar de constituídas pelos mesmos átomos, as propriedades físicas dos compostos que representam são bem diferentes.

Esses compostos são denominados isômeros geométricos, pois a diferença entre eles está na disposição geométrica dos

grupos ligados aos carbonos da ligação dupla. Para diferenciar um composto do outro, usamos os prefixos **cis** e **trans**.



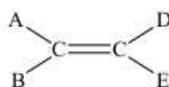
Quando dois grupos iguais estão do mesmo lado de uma linha imaginária que passa pela ligação dupla, utilizamos o prefixo **cis** precedendo o nome do composto; quando os dois grupos iguais estão em lados opostos a essa linha imaginária, utilizamos o prefixo **trans**.

Condições para isomeria geométrica

A isomeria geométrica pode acontecer em compostos de cadeia aberta e de cadeia fechada.

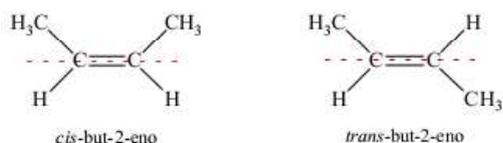
Compostos de cadeia aberta

Devem apresentar pelo menos uma ligação dupla entre carbonos, cujos ligantes de cada carbono tenham as seguintes características:



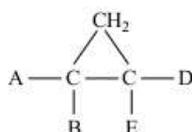
- A e B devem ser diferentes entre si, mas podem ser iguais a D e E;
- D e E devem ser diferentes entre si, mas podem ser iguais a A e B.

Observe o exemplo do composto but-2-eno:



Compostos de cadeia fechada

Assim como na ligação dupla, o ciclo não permite a livre rotação entre os átomos de carbono, portanto a relação entre a posição dos ligantes torna-se importante, porque há a formação de substâncias diferentes. As condições dos ligantes para que ocorra a isomeria geométrica em moléculas de cadeia fechada são as mesmas dos alcenos de cadeia aberta.



Observe o exemplo do composto 1-cloro-2-metilciclopropano:



Exercício resolvido

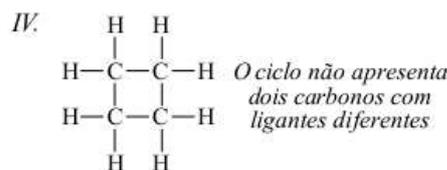
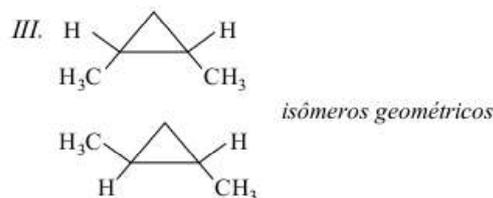
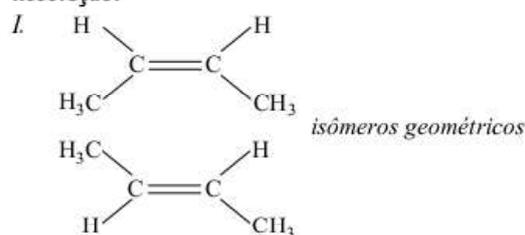
2 Cesgranrio Considere os compostos:

- But-2-eno
- Pent-1-eno
- 1,2-Dimetilciclopropano
- Ciclobutano

Em relação à possibilidade de isomeria *cis-trans*, pode-se afirmar que:

- aparece apenas no composto I.
- ocorre em todos.
- ocorre somente nos compostos II e IV.
- aparece somente nos compostos I e III.
- só não ocorre no composto I.

Resolução:



Alternativa: D.

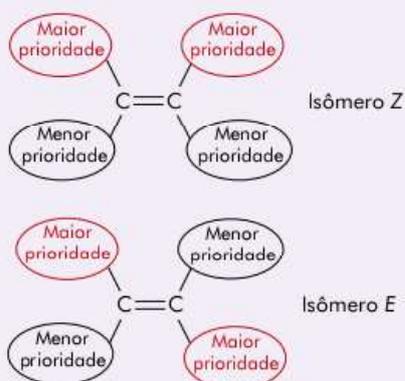
ATENÇÃO!

Nomenclatura E-Z

Quando todos os grupos ligados aos carbonos envolvidos na isomeria geométrica são diferentes entre si, a nomenclatura *cis-trans* não é recomendada. Nesses casos, para identificar os isômeros geométricos, a Iupac recomenda usar o sistema de nomenclatura E-Z, proposto pelos químicos Cahn-Ingold-Prelog.

Nesse sistema, a letra E vem da palavra alemã *entgegen*, que significa "opostos" (parecido com o *trans*), e a letra Z vem da palavra alemã *zusammen*, que significa "juntos" (parecido com o *cis*).

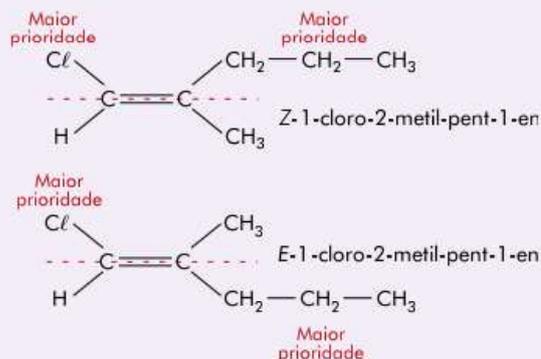
Para tanto, devemos determinar os grupos de maior prioridade em cada um dos carbonos envolvidos na isomeria geométrica. Se esses grupos estiverem do mesmo lado do plano, atribuímos o termo Z; se estiverem em lados opostos, E.



O grupo de maior prioridade será o ligante cujo átomo ligado imediatamente ao carbono da ligação dupla tiver o maior

número atômico. Se o número atômico dos dois ligantes for igual, deve-se optar pelo isótopo de maior massa. Em caso de empate, aplicamos essas regras aos átomos subsequentes.

Observe o exemplo do 1-cloro-2-metilpent-1-eno:



Entre o hidrogênio e o cloro, a maior prioridade é do cloro, pois seu número atômico é 17 e o do hidrogênio é 1.

Entre os grupos metil e propil, a maior prioridade é do grupo propil. Nesse caso, houve empate nos números atômicos dos átomos de carbono imediatamente ligados ao carbono da ligação dupla. Analisando os átomos subsequentes, observa-se que, no grupo metil, existem três hidrogênios (H, H, H) e, no grupo propil, dois hidrogênios e um carbono (C, H, H). Dessa forma, a maior prioridade deve ser do propil, pois o número atômico do carbono é maior que o número atômico do hidrogênio.

Isomeria óptica

Tipo de isomeria espacial que acontece em **moléculas assimétricas** nas quais os isômeros diferem no desvio da **luz polarizada**.

Simetria e assimetria

Um objeto é simétrico quando tem um plano de simetria, ou seja, pode ser dividido em duas partes iguais. Observe alguns exemplos na Fig. 2 e na Fig. 3.



Fig. 2 Uma esfera tem infinitos planos de simetria, ou seja, qualquer corte imaginário feito no meio da esfera gerará duas faces idênticas.

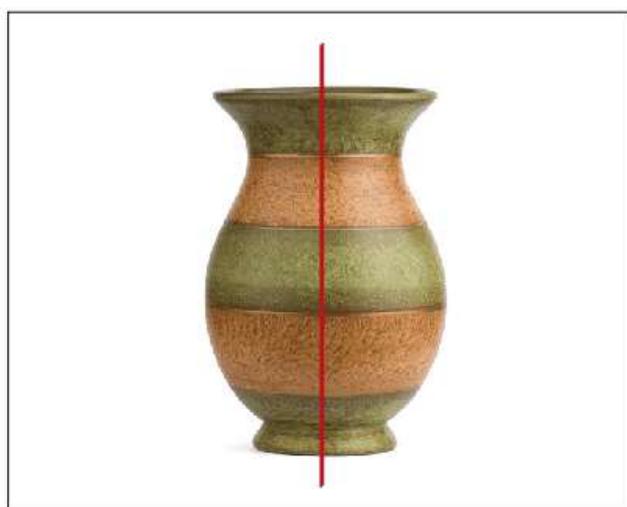


Fig. 3 Ao traçar uma linha imaginária na vertical no centro do vaso, é possível perceber duas metades idênticas.

Um objeto **assimétrico** não tem plano de simetria, ou seja, não pode ser dividido em duas partes iguais. Observe os exemplos da Fig. 4.



Fig. 4 A mão é uma das partes do corpo humano que não apresentam simetria, pois, mesmo que uma linha imaginária seja traçada verticalmente ou horizontalmente, não será possível obter duas metades idênticas. O mesmo acontece com o sapato.

A principal diferença entre objetos simétricos e assimétricos é o fato de a imagem, no espelho, de um objeto simétrico ser igual a ele mesmo. No entanto, a de um objeto assimétrico é diferente (invertida) dele mesmo (Fig. 5).



Fig. 5 Representação da assimetria da mão.

Esse fenômeno acontece também com moléculas, ou seja, existem moléculas simétricas e moléculas assimétricas.

Quando uma molécula é simétrica, sua imagem no espelho é igual a ela mesma (Fig. 6), mas, se for assimétrica, sua imagem no espelho será uma molécula diferente (Fig. 7).

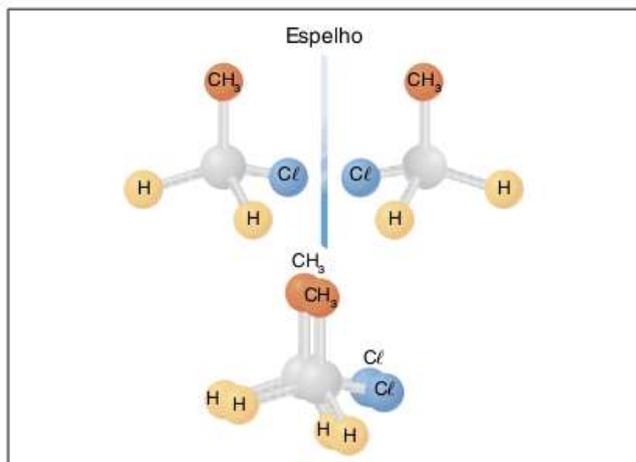


Fig. 6 Molécula simétrica. As duas representações são iguais, portanto sobreponíveis.

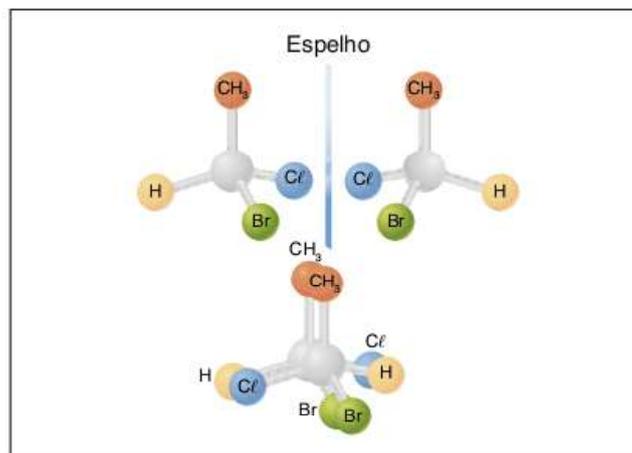


Fig. 7 Molécula assimétrica. As duas representações são diferentes, portanto não sobreponíveis.

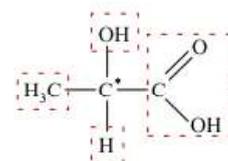
As duas moléculas representadas na Fig. 7 são isômeras, pois têm disposição espacial diferente, mas com a mesma fórmula molecular.

O carbono quiral

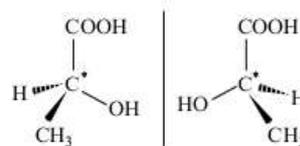
O caso mais importante de moléculas assimétricas se dá quando elas têm, em sua estrutura, pelo menos um átomo de carbono **quiral** ou **assimétrico**.

Carbono quiral ou assimétrico é um carbono que apresenta quatro ligantes diferentes entre si. Para facilitar sua visualização, costuma-se assinalar esse carbono com um asterisco.

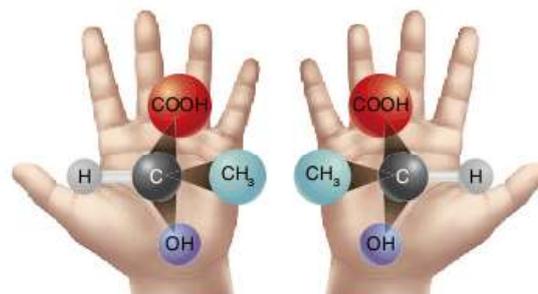
Observe a molécula do ácido láctico:



É visível a presença de um carbono quiral nessa molécula, isso significa que é assimétrica e existem duas moléculas diferentes.



Observe que as duas moléculas não são sobreponíveis, são, na verdade, **antípodos ópticos** (isômeros ópticos), que recebem o nome de **enantiômeros** (do grego: *enantio*, oposto; *meros*, partes) ou **enantiomorfos** (do grego: *morphos*, formas).



Assim como as mãos, as moléculas não são sobreponíveis.

ATENÇÃO!

Para facilitar a representação dos isômeros ópticos, o químico alemão Hermann Emil Fischer (1852-1919) sugeriu um modo simplificado, bidimensional, de representar uma molécula tridimensional por projeção. Observe o esquema da Fig. 8:

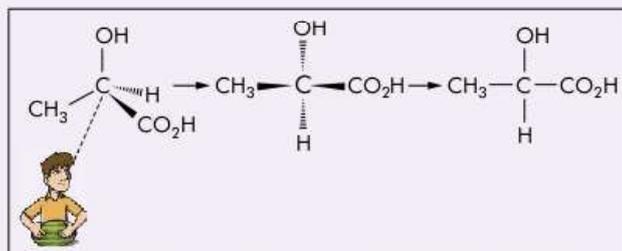


Fig. 8 Uma pessoa que observa uma molécula na perspectiva mostrada na imagem a vê com dois ligantes à frente e dois ligantes atrás do átomo de carbono, como mostrado em seguida. A projeção de Fischer propõe que essa molécula seja representada no plano em que as linhas horizontais são os ligantes à frente do átomo de carbono e as linhas verticais, atrás do átomo de carbono.

Essa proposta foi feita por Fischer, originalmente, para descrever moléculas bioquímicas, como carboidratos. Ela não é recomendada para representar outras moléculas orgânicas, já que pode causar confusão no momento da leitura.

A luz polarizada

As fontes luminosas, como o Sol ou as lâmpadas, emitem luz na forma de ondas eletromagnéticas, que vibram em diversas direções. Essa luz é chamada **não** polarizada, pois seus raios vibram em diversos planos perpendicularmente ao sentido da propagação do feixe de luz (Fig. 9).

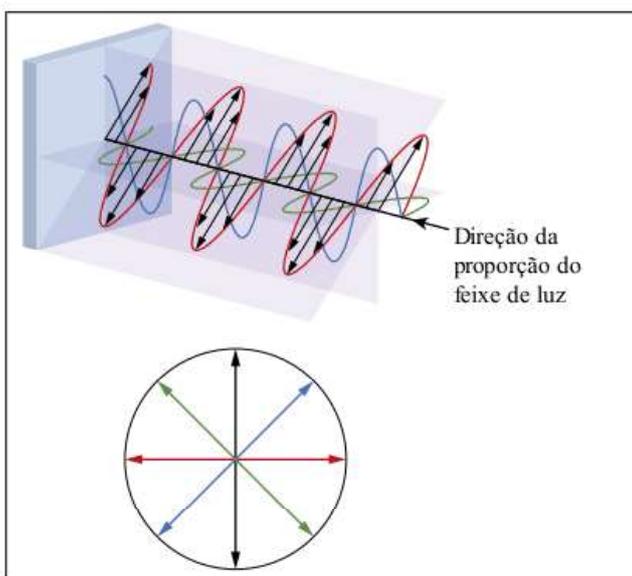


Fig. 9 À esquerda, temos a representação da propagação das ondas eletromagnéticas da luz. À direita, como ela é visualizada no plano perpendicular à direção em que se propaga.

A luz polarizada (Fig. 10) é um conjunto de ondas eletromagnéticas que, após atravessar um filtro polarizador, vibra em um único plano.

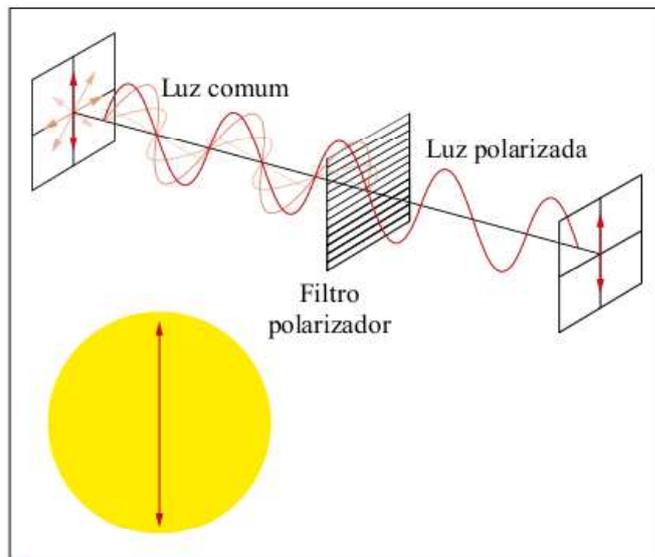


Fig. 10 Polarização da luz.

A presença de um carbono quiral na molécula faz com que existam duas estruturas não sobreponíveis, ou seja, dois isômeros ópticos. Experimentalmente, verifica-se que o plano de luz polarizada sofre um desvio ao atravessar um frasco com uma solução aquosa contendo uma substância cujas moléculas são assimétricas.

Um dos isômeros ópticos apresenta a capacidade de desviar o plano de luz polarizada para a direita (sentido horário) e o outro, para a esquerda (sentido anti-horário). Esses isômeros são denominados **opticamente ativos**.

Esse desvio é determinado experimentalmente por meio de um aparelho chamado **polarímetro**, conforme representado na Fig. 11.

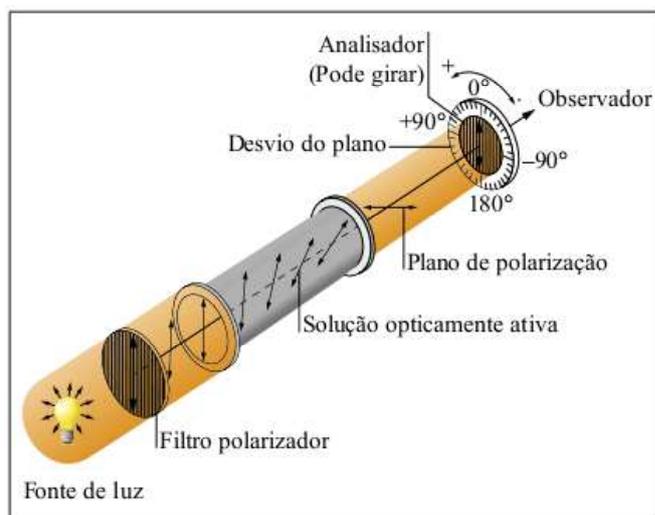
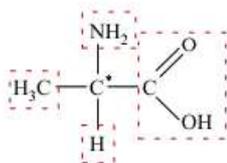


Fig. 11 Representação esquemática de um polarímetro.

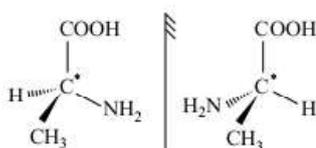
O isômero responsável pelo desvio para a direita é chamado **dextrogiro** ou **dextrorrotatório**, e o responsável pelo desvio para a esquerda é o **levogiro** ou **levorrotatório**.

Moléculas com um carbono quiral

Observe a fórmula estrutural do aminoácido alanina:



A presença de um carbono quiral em sua estrutura faz com que existam dois isômeros opticamente ativos, um dextrogiro e um levogiro.



Esses dois isômeros desviam o mesmo ângulo da luz polarizada, porém em sentidos opostos, por isso são chamados **enantiômeros** ou **enantiomorfos**. Esses compostos são quimicamente iguais, e a única diferença física entre eles é no desvio da luz polarizada, conforme indicado na Tab. 2:

Nome	(+)-Alanina	(-)-Alanina
Fórmula molecular	C ₃ H ₇ NO ₂	C ₃ H ₇ NO ₂
Massa molar	89 g/mol	89 g/mol
Temperatura de fusão	258 °C	258 °C
Densidade (20 °C)	1.424 g/cm ³	1.424 g/cm ³
Desvio da luz polarizada	+14,5°	-14,5°

Tab. 2 Características das formas levogira e dextrogiro do aminoácido alanina.

A mistura formada por quantidades iguais (equimolar) dos dois isômeros (dextrogiro e levogiro) é chamada **mistura racêmica** e não tem atividade óptica (**opticamente inativa**), pois existe compensação externa do desvio da luz polarizada, ou seja, como essas moléculas provocam desvios contrários na luz polarizada e estão em quantidades iguais, o desvio final será nulo, já que uma molécula compensa o desvio da outra.

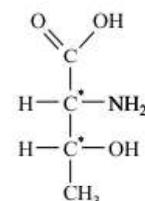
ATENÇÃO!

Propriedades biológicas dos enantiômeros

Além de interações diferentes com a luz plano-polarizada, os enantiômeros geralmente têm propriedades biológicas distintas. Por exemplo, um enantiômero de uma molécula pode se comportar como um medicamento terapêutico no corpo humano, ao passo que outro enantiômero pode ser tóxico.

Moléculas com dois ou mais carbonos quirais diferentes

Considere o aminoácido treonina a seguir:



Observe que, nesse composto, há dois carbonos quirais diferentes (os carbonos quirais apresentam ligantes diferentes). Como esse composto é assimétrico, existe um isômero idêntico a ele, porém contrário (Tab. 3) – equivalente a sua imagem no espelho.

Par de enantiômeros		
Tipo	dextrogiro	levogiro
Valor do desvio	+9°	-9°

Tab. 3 Características dos isômeros dextrogiro e levogiro da treonina.

Existe ainda a possibilidade de inverter a configuração de dois ligantes de apenas um dos dois carbonos quirais, formando, assim, mais dois enantiômeros apresentando desvio do plano da luz polarizada com ângulos diferentes dos dois primeiros isômeros (Tab. 4).

Par de enantiômeros		
Tipo	dextrogiro	levogiro
Valor do desvio	+27°	-27°

Tab. 4 Características dos isômeros dextrogiro e levogiro da treonina.

Concluimos que moléculas com dois carbonos quirais diferentes têm, no total, quatro isômeros opticamente ativos (dois pares de enantiômeros), e são possíveis duas misturas racêmicas: uma formada pelo primeiro par de enantiômeros (+9° e -9°) e outra, pelo segundo par de enantiômeros (+27° e -27°).

Quaisquer outros pares (+9° e -27°; +9° e +27°; -9° e -27°; -9° e +27°) não formam misturas racêmicas e são denominados **diastereoisômeros**, pois são isômeros espaciais entre si, mas não são imagens espelhadas um do outro.

Quando uma molécula tem vários carbonos quirais diferentes, podemos calcular o número de isômeros ópticos ativos pela regra de Van't Hoff.

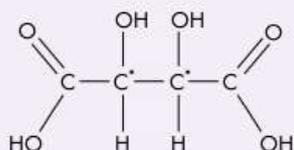
Número de isômeros opticamente ativos = 2^n (em que n é o número de carbonos quirais diferentes).

O número de misturas racêmicas é sempre a metade do número de isômeros ópticos ativos, que pode ser calculado pela seguinte fórmula: $\frac{2^n}{2}$ ou 2^{n-1} .

ATENÇÃO!

Moléculas com dois carbonos quirais iguais

Observe o exemplo do ácido tartárico:

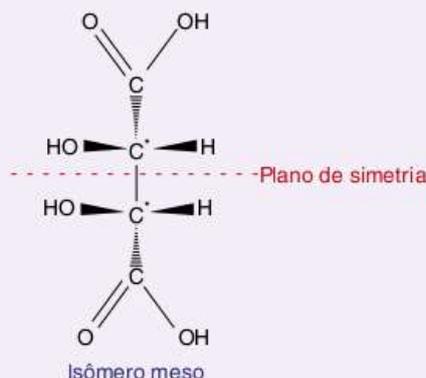


Como os dois carbonos quirais são iguais (apresentam os mesmos ligantes), o ângulo de desvio provocado por esses carbonos será o mesmo. Dessa forma, não podemos utilizar a fórmula de Van't Hoff para determinar o número de isômeros opticamente ativos, pois um dos isômeros espaciais será inativo, em razão de uma compensação interna (um carbono quiral compensa o desvio do outro).

Logo, o ácido tartárico apresenta apenas dois isômeros opticamente ativos (par de enantiômeros) e uma mistura racêmica, conforme representado na tabela a seguir:

Par de enantiômeros		
Tipo	dextrógiro	levógiro
Valor do desvio	+12°	-12°

O outro isômero espacial possível é inativo (não desvia o plano de luz polarizada), em virtude do plano de simetria da molécula, e é chamado isômero meso.



Exercícios resolvidos

3 Unesp Observe as relações a seguir:

COMPOSTOS: butan-2-ol; hex-3-eno

TIPO DE ISOMERIA: geométrica; óptica

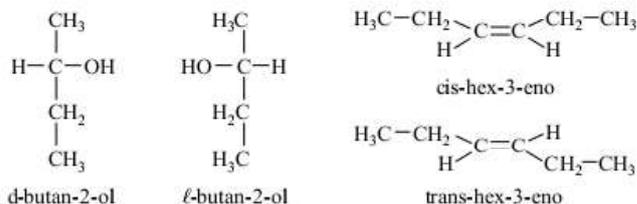
- Associe cada composto ao respectivo tipo de isomeria.
- Escreva as fórmulas estruturais e dê os nomes dos respectivos isômeros.

Resolução:

a) *Butan-2-ol apresenta isomeria óptica, pois tem carbono quiral.*

Hex-3-eno apresenta isomeria geométrica, pois os carbonos da ligação dupla têm ligantes diferentes.

b)



4 Cesgranrio Em 1848, Louis Pasteur estudou os sais de

potássio e amônio obtidos do ácido racêmico (do latim *racemus*, que significa cacho de uva), o qual se depositava nos tonéis de vinho durante a sua fermentação. Após observar que esse ácido era uma mistura de dois outros com a mesma fórmula molecular do ácido tartárico; que, separados, desviavam a luz plano-polarizada e juntos, em quantidades iguais, perdiam essa propriedade, nasceu o conceito de mistura racêmica. De acordo com o exposto, assinale a opção correta, com relação aos conceitos de isomeria espacial.

- Uma mistura racêmica é uma mistura equimolecular de dois compostos enantiomorfos entre si.
- O butan-1-ol, por ser um álcool opticamente ativo, pode originar uma mistura racêmica.
- O but-2-eno apresenta dois isômeros ópticos, *cis-but-2-eno* e o *trans-but-2-eno*.
- O butan-2-ol apresenta três isômeros ópticos ativos denominados dextrógiro, levógiro e racêmico.
- Quando um composto desvia a luz plano-polarizada para a direita é chamado de levógiro.

Resolução:

- Correta. Apresenta carbono quiral.*
- Incorreta. O butan-1-ol não é opticamente ativo, pois não apresenta carbono quiral.*
- Incorreta. O but-2-eno apresenta dois isômeros geométricos, cis-but-2-eno e trans-but-2-eno.*
- Incorreta. O butan-2-ol apresenta dois isômeros ópticos ativos, denominados dextrógiro e levógiro, e uma mistura racêmica inativa.*
- Incorreta. Quando um composto desvia a luz plano-polarizada para a direita, é chamado dextrógiro.*

Alternativa: A.

Revisando

1 O que são isômeros?

2 Quais são os tipos de isomerias?

3 Dos compostos relacionados a seguir, quais formam pares de isômeros?

- Éter dimetílico
- Álcool etílico
- Metilbuteno
- Propanal
- Ácido propanoico
- Butanona
- Ciclobutanol
- Ciclopentano

4 Indique o tipo de isomeria que ocorre em cada caso.

Substâncias	Isomeria
$\text{CH}_3-\text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{H} \end{matrix}$ e $\text{CH}_2=\text{CHOH}$	
$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	
CH_3-OCH_3 e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$	
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ e $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$	

5 Existem 5 isômeros planos possíveis com a fórmula $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$.

- Desenhe as fórmulas estruturais de todos eles.
- Escreva os nomes de todos os 5 compostos.

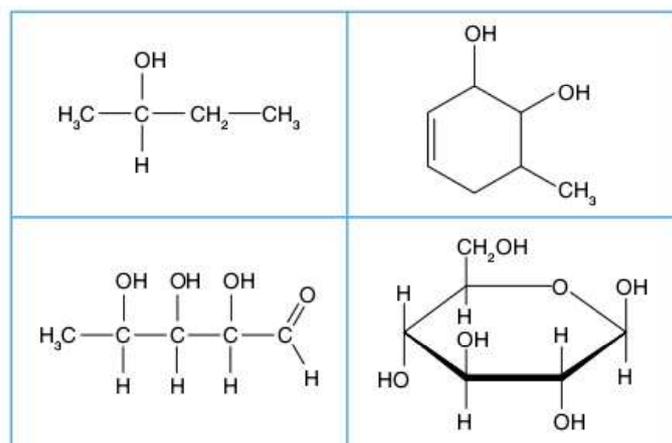
6 Considere o composto 3,4-dimetil-hex-3-eno.

- Que tipo de isomeria ocorre nesse composto?
- Escreva as fórmulas estruturais dos isômeros do item anterior. Identifique-os.

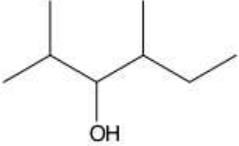
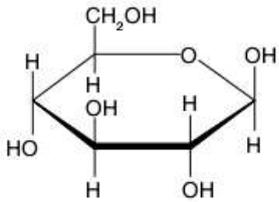
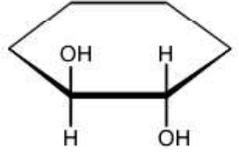
7 Existem seis compostos diferentes possíveis com a fórmula C_4H_8 . Desenhe a estrutura de todos eles.

8 O que é um carbono assimétrico?

9 Nos compostos a seguir, assinale a presença de carbonos quirais.



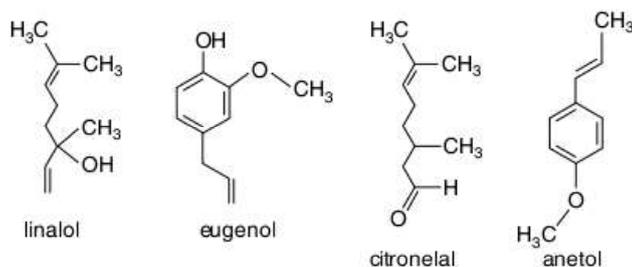
10 Calcule o número de isômeros ópticos ativos e número de misturas racêmicas para cada um dos compostos a seguir:

Composto	Número de isômeros ativos	Número de misturas racêmicas
		
		
		

Exercícios propostos

Isomeria plana

1 **Fuvest 2012** As fórmulas estruturais de alguns componentes de óleos essenciais, responsáveis pelo aroma de certas ervas e flores, são:

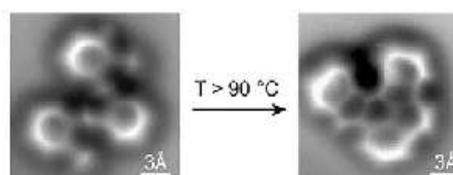


Dentre esses compostos, são isômeros:

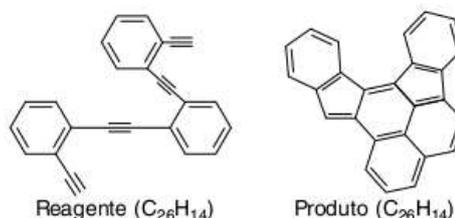
- (a) anetol e linalol. (d) linalol e citronelal.
 (b) eugenol e linalol. (e) eugenol e anetol.
 (c) citronelal e eugenol.

2 **UFRGS 2014** Em 2013, cientistas conseguiram pela primeira vez "fotografar" uma reação de rearranjo de uma molécula orgânica em resolução atômica ($3 \text{ \AA} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$), usando microscopia de força atômica. A imagem obtida é mostrada a seguir. A representação das estruturas do reagente e do produto, como se costuma encontrar em livros de química,

também está mostrada a seguir, e a semelhança entre ambas é marcante.



Disponível em: <<http://cchem.berkeley.edu/frfgp/index.html>>. Acesso em: 3 set. 2013.



Considere as seguintes afirmações a respeito desses compostos.

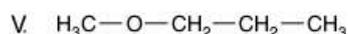
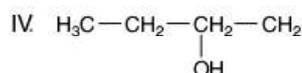
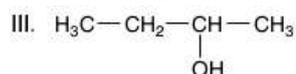
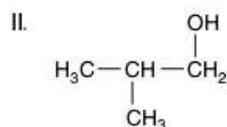
- Ambos são hidrocarbonetos aromáticos.
- Ambos têm na sua estrutura a presença de carbonos com geometria trigonal plana.
- Reagentes e produtos são compostos isômeros.

Quais estão corretas?

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

3 Uece 2017 Isomeria é o fenômeno pelo qual duas substâncias compartilham a mesma fórmula molecular, mas apresentam estruturas diferentes, ou seja, o rearranjo dos átomos difere em cada caso.

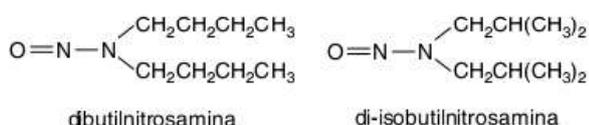
Observe as estruturas apresentadas a seguir, com a mesma fórmula molecular $C_4H_{10}O$:



Assinale a opção em que as estruturas estão corretamente associadas ao tipo de isomeria.

- (a) Isomeria de função – II e III.
- (b) Isomeria de cadeia – III e IV.
- (c) Isomeria de compensação – I e V.
- (d) Isomeria de posição – II e IV.

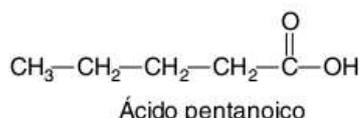
4 IFSul 2017 Os nitritos são usados como conservantes químicos em alimentos enlatados e em presuntos, salsichas, salames, linguiças e frios em geral. Servem para manter a cor desses alimentos e proteger contra a contaminação bacteriana. Seu uso é discutido, pois essas substâncias, no organismo, podem converter-se em perigosos agentes cancerígenos, as nitrosaminas. Abaixo temos a representação de duas nitrosaminas:



Essas nitrosaminas são isômeras de

- (a) cadeia.
- (b) função.
- (c) posição.
- (d) tautomeria.

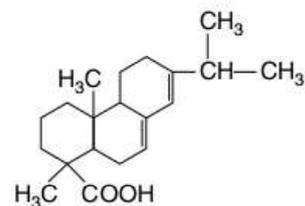
5 Uece 2016 O ácido pentanoico (conhecido como ácido valérico) é um líquido oleoso, com cheiro de queijo velho, tem aplicações como sedativo e hipnótico. Se aplicado diretamente na pele, tem uma efetiva ação sobre a acne.



De acordo com sua fórmula estrutural, seu isômero correto é o

- (a) propanoato de etila.
- (b) etóxi-propano.
- (c) 3-metil-butanal.
- (d) pentan-2-ona.

6 FMP 2016 Quando um talho é feito na casca de uma árvore, algumas plantas produzem uma secreção chamada resina, que é de muita importância para a cicatrização das feridas da planta, para matar insetos e fungos, permitindo a eliminação de acetatos desnecessários. Um dos exemplos mais importantes de resina é o ácido abiético, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.



Um isômero de função mais provável desse composto pertence à função denominada

- (a) amina
- (b) éster
- (c) aldeído
- (d) éter
- (e) cetona

7 Uece 2015 O 1,4-dimetoxi-benzeno é um sólido branco com um odor floral doce intenso. É usado principalmente em perfumes e sabonetes. O número de isômeros de posição deste composto, contando com ele, é

- (a) 2.
- (b) 3.
- (c) 5.
- (d) 4.

8 UEPG 2015 Com respeito aos compostos aromáticos citados abaixo, identifique quais apresentam isomeria de posição (*orto*, *meta* ou *para*) e assinale o que for correto.

- 01 Etilbenzeno.
- 02 Ácido benzoico.
- 04 Dibromobenzeno.
- 08 Tolueno.
- 16 Xileno.

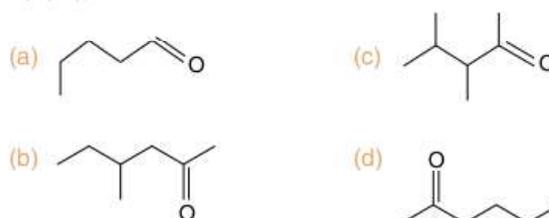
Soma:

9 Cefet-MG 2015 O ácido butanoico é um composto orgânico que apresenta vários isômeros, entre eles substâncias de funções orgânicas diferentes. Considerando ésteres e ácidos carboxílicos, o número de isômeros que esse ácido possui é

- (a) 3.
- (b) 4.
- (c) 5.
- (d) 7.
- (e) 8.

10 Uece 2014 As cetonas, amplamente usadas na indústria alimentícia para a extração de óleos e gorduras de sementes de plantas, e os aldeídos, utilizados como produtos intermediários na obtenção de resinas sintéticas, solventes, corantes, perfumes e curtimento de peles, podem ser isômeros.

Assinale a opção que apresenta a estrutura do isômero do hexanal.



11 Mackenzie 2014 Considere a nomenclatura Iupac dos seguintes hidrocarbonetos.

- I. metil-ciclobutano.
- II. 3-metil-pentano.
- III. pentano.
- IV. ciclo-hexano.
- V. pent-2-eno.

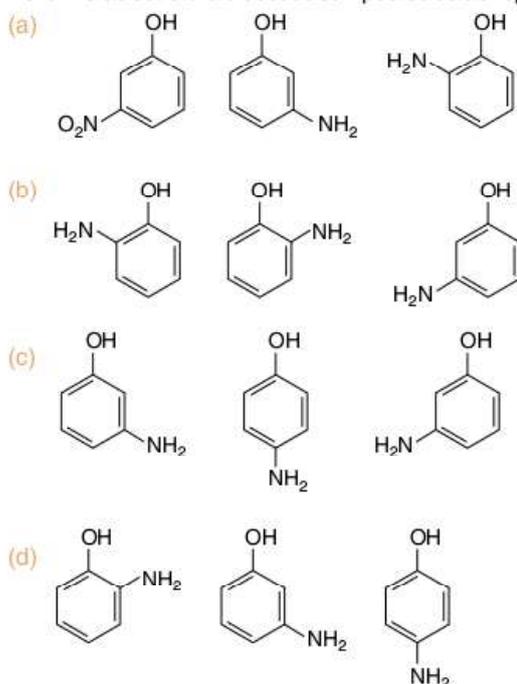
A alternativa que relaciona corretamente compostos isoméricos é

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

12 Uerj 2013 Aminofenóis são compostos formados pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio ligados aos carbonos do fenol por grupamentos NH_2 .

Com a substituição de apenas um átomo de hidrogênio, são formados três aminofenóis distintos.

As fórmulas estruturais desses compostos estão representadas em:



13 PUC-SP 2012 O ácido butanoico é formado a partir da ação de microrganismos sobre moléculas de determinadas gorduras, como as encontradas na manteiga. Seu odor característico é percebido na manteiga rançosa e em alguns tipos de queijo. São isômeros do ácido butanoico as substâncias

- (a) butanal, butanona e ácido 2-metilbutanoico.
- (b) acetato de metila, etóxi etano e butan-2-ol.
- (c) butan-1-ol, acetato de etila e etóxi etano.
- (d) ácido metilpropanoico, butanona e ácido pentanoico.
- (e) acetato de etila, ácido metilpropanoico e propanoato de metila.

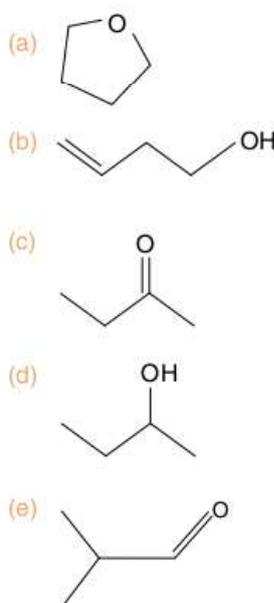
14 Enem 2012 Motores a combustão interna apresentam melhor rendimento quando podem ser adotadas taxas de compressão mais altas nas suas câmaras de combustão, sem que o combustível sofra ignição espontânea. Combustíveis com maiores índices de resistência à compressão, ou seja, maior

octanagem, estão associados a compostos com cadeias carbônicas menores, com maior número de ramificações e com ramificações mais afastadas das extremidades da cadeia. Adota-se como valor padrão de 100% de octanagem o isômero do octano mais resistente à compressão.

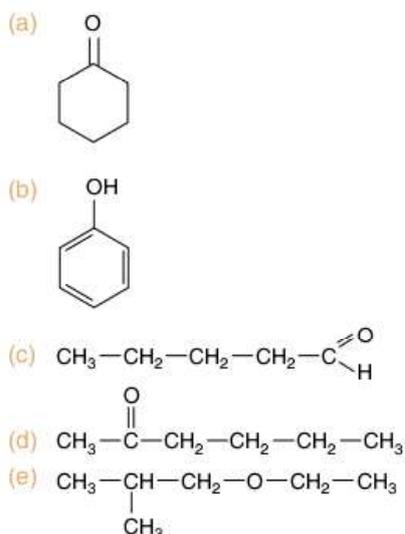
Com base nas informações do texto, qual dentre os isômeros seguintes seria esse composto?

- (a) n-octano.
- (b) 2,4-dimetil-hexano.
- (c) 2-metil-heptano.
- (d) 2,5-dimetil-hexano.
- (e) 2,2,4-trimetilpentano.

15 Unioeste 2012 Isômeros constitucionais são moléculas que apresentam a mesma fórmula molecular, diferindo entre si pela conectividade dos átomos que tomam parte da estrutura. Considerando a fórmula molecular $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$, assinale a alternativa que apresenta a estrutura que **não** é isômera das demais.

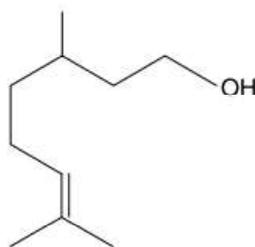


16 PUC-RJ Na natureza, várias substâncias possuem isômeros, que podem ser classificados de várias maneiras, sendo uma delas a isomeria funcional. Assinale a opção que apresenta um isômero funcional do 2-hexanol.



Isomeria geométrica

17 UEMG 2017 Observe o composto orgânico abaixo e as afirmações a seu respeito.

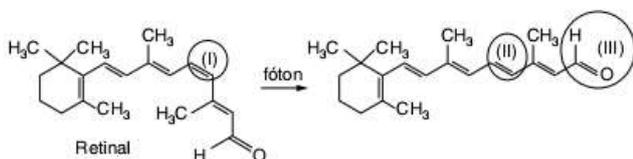


- I. É um álcool insaturado.
- II. É um isômero *cis-trans*
- III. Apresenta 18 hidrogênios.
- IV. Apresenta 3 ramificações.

O número de afirmação(ões) correta(s) é igual a

- (a) 1.
- (b) 2.
- (c) 3.
- (d) 4.

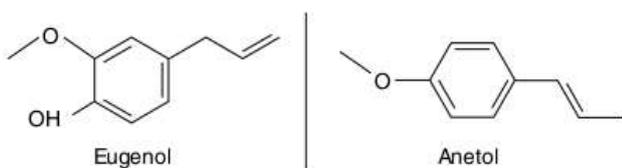
18 Feevale 2016 O Retinal, molécula apresentada abaixo, associado à enzima rodopsina, é o responsável pela química da visão. Quando o Retinal absorve luz (fótons), ocorre uma mudança na sua geometria, e essa alteração inicia uma série de reações químicas, provocando um impulso nervoso que é enviado ao cérebro, onde é percebido como visão.



Entre as alternativas a seguir, assinale aquela em que a sequência I, II e III apresenta corretamente as geometrias das duplas ligações circuladas em I e II e a função química circulada em III.

- (a) I – *Cis* II – *Trans* III – Aldeído
- (b) I – *Trans* II – *Cis* III – Álcool
- (c) I – *Trans* II – *Trans* III – Aldeído
- (d) I – *Trans* II – *Cis* III – Aldeído
- (e) I – *Cis* II – *Trans* III – Ácido carboxílico

19 PUC-SP 2016 O eugenol e o anetol são substâncias aromáticas presentes em óleos essenciais, com aplicações nas indústrias de cosméticos e farmacêutica. O eugenol está presente principalmente nos óleos de cravo, canela e sassafrás, já o anetol é encontrado nos óleos essenciais de anis e anis-estrelado.



Sobre esses compostos foram feitas as seguintes afirmações.

- I. Ambos apresentam isomeria geométrica.
- II. O eugenol apresenta funções fenol e éter, enquanto o anetol apresenta função éter.

- III. A fórmula molecular do eugenol é $C_{10}H_{12}O_2$, enquanto o anetol apresenta fórmula molecular $C_{10}H_{12}O$.
- IV. O anetol apresenta temperatura de ebulição maior do que o eugenol.

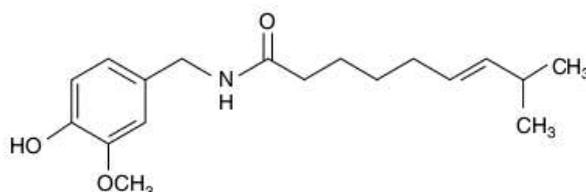
Estão corretas **apenas** as afirmações:

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

20 PUC-PR 2015 A capsaicina tem sido utilizada na medicina há muitos séculos. A pimenta vermelha foi uma das primeiras plantas cultivadas nas Américas. As tribos indígenas brasileiras cultivam e usam pimentas desde o descobrimento do Brasil, e os historiadores acreditam que a população do México come pimenta vermelha desde 7.000 a.C. A capsaicina já era utilizada pelos nossos ancestrais para aliviar as dores nas juntas e tem sido usada, também, na forma de creme ou pomada na medicina esportiva, para tratamento de lesões, torções e nevralgias. Funciona bem para aliviar a coceira da pele e acalmar a dor provocada por herpes.

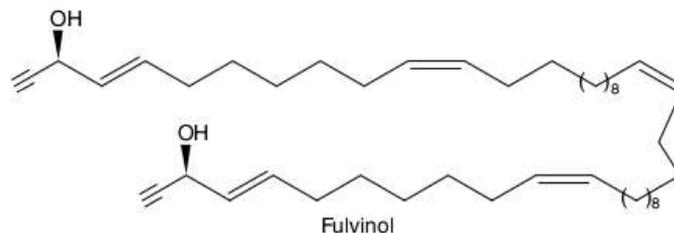
Fonte: <http://www.crq4.org.br/quimica_viva_capsaicina>.

Analisando a fórmula da capsaicina, dada abaixo, assinale a alternativa **correta**.



- (a) Sua fórmula molecular é: $C_{17}H_{24}NO_3$.
- (b) Há nesta fórmula as funções orgânicas fenol, éter e amida.
- (c) Temos a seguinte fórmula mínima: $C_9H_{13}NO_3$.
- (d) O composto não faz isomeria *cis-trans*.
- (e) Temos no composto hibridação sp .

21 UFRGS 2015 O fulvinol, cuja estrutura é mostrada abaixo, foi isolado de uma esponja marinha presente na costa da Espanha.

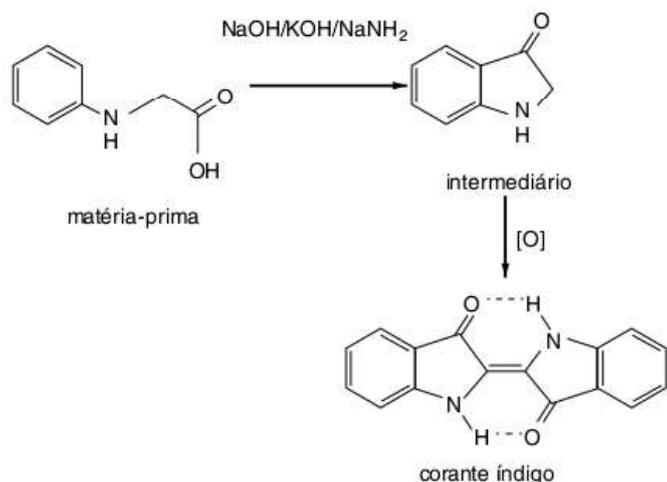


- I. É um hidrocarboneto acíclico insaturado.
- II. Apresenta ligações duplas *trans* e *cis*.
- III. Apresenta 4 carbonos com geometria linear.

Quais estão corretas?

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

22 FGV 2013 O corante índigo é usado mundialmente na indústria têxtil no tingimento de denim, tecido dos artigos de *jeans*, e é preparado sinteticamente a partir da seguinte reação.



No produto final da reação, prepondera o isômero representado, que tem maior estabilidade devido às interações intramoleculares representadas na figura.

A função orgânica em comum aos três compostos representados na equação de reação, a classificação do isômero e o tipo de interação intramolecular da molécula do corante índigo são, respectivamente:

- amina, isômero *cis*, força de London.
- amina, isômero *trans*, força de London.
- amina, isômero *trans*, ligação de hidrogênio.
- amida, isômero *cis*, força de London.
- amida, isômero *trans*, ligação de hidrogênio.

23 Cefet-MG 2013 Dentre os compostos orgânicos

- butan-2-ol
- pent-1-eno
- hex-2-eno
- 2-metil-cicloexanol
- cicloexeno

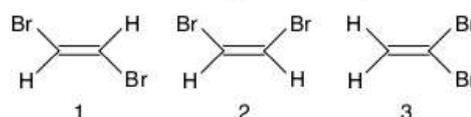
aqueles que apresentam isomeria geométrica são

- I e IV.
- I e V.
- II e III.
- II e V.
- III e IV.

24 UFRN 2012 As gorduras de origem animal são constituídas principalmente por gorduras saturadas, colesterol e gorduras *trans*. Nos últimos anos, o termo “*gordura trans*” ganhou uma posição de destaque no dia a dia em função da divulgação de possíveis malefícios à saúde decorrentes de seu consumo. Esse tipo de gordura, que se encontra em alimentos como leite integral, queijos gordos, carne de boi e manteiga, pode aumentar os níveis do colesterol prejudicial ao organismo humano. Nesse tipo de gordura, a fórmula do composto ao qual a denominação *trans* faz referência é

-
-
-
-

25 UFRGS Considere os seguintes compostos.



Com relação a esses compostos, é correto afirmar que:

- 1 e 2 são isômeros de posição.
- 2 e 3 são apolares.
- 2 e 3 são isômeros geométricos.
- 1 é apolar.
- 1 e 2 apresentam o mesmo ponto de ebulição.

26 CFSC Qual das estruturas a seguir apresenta isomeria geométrica?

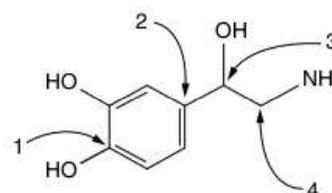
- $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$
- $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$
- $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$
- $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

Isomeria óptica

27 UFRGS O ácido láctico, encontrado no leite azedo, apresenta dois isômeros ópticos. Sabendo-se que o ácido D-láctico desvia a luz planopolarizada $3,8^\circ$ no sentido horário, os desvios angulares provocados pelo ácido L-láctico e pela mistura racêmica são, respectivamente:

- $-3,8^\circ$ e 0°
- $-3,8^\circ$ e $+3,8^\circ$
- 0° e $-3,8^\circ$
- 0° e $+3,8^\circ$
- $+3,8^\circ$ e 0°

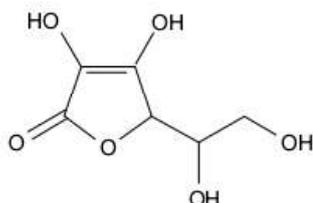
28 Uerj A noradrenalina é um hormônio cuja fórmula estrutural encontra-se representada a seguir.



O número correspondente à seta que indica o átomo de carbono responsável pela atividade óptica desta molécula é:

- 1
- 2
- 3
- 4

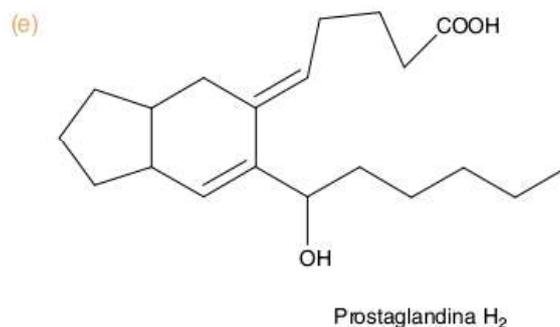
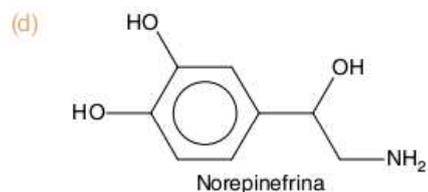
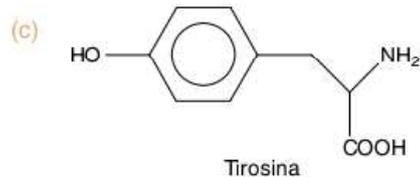
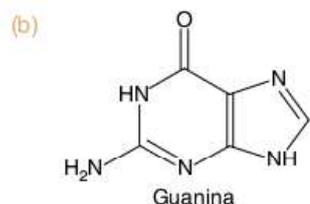
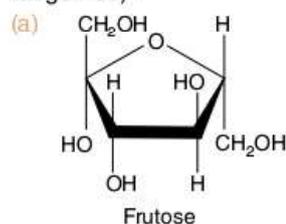
29 Fuvest



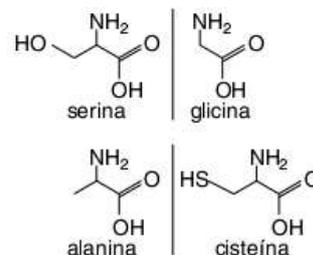
A molécula da vitamina C (ácido L-ascórbico) tem a fórmula estrutural plana mostrada na figura. O número de grupos hidroxila ligados a carbono assimétrico é:

- (a) 0 (c) 2 (e) 4
(b) 1 (d) 3

30 UFPE A origem da homoquiralidade da nossa biota é um dos grandes mistérios da ciência moderna. Das moléculas a seguir, de ocorrência comum nos seres vivos, qual não apresenta centro quiral (centro assimétrico ou centro estereogênico)?



31 Uerj 2012 Os aminoácidos que possuem um centro quiral apresentam duas formas enantioméricas. Observe, abaixo, a estrutura química de quatro aminoácidos.

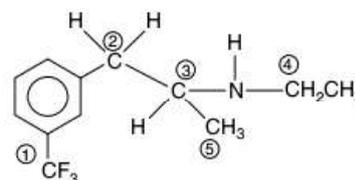


O único desses aminoácidos que não apresenta enantiômeros é:

- (a) serina (c) alanina
(b) glicina (d) cisteína

32 UFG [...] o arranjo dos ligantes ao redor do átomo de carbono é tetraédrico [...]

Van't Hoff, 1874.



Dos carbonos numerados na molécula representada, qual deles corresponde a um carbono assimétrico?

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

33 UFRGS O limoneno é um composto orgânico natural existente na casca do limão e da laranja. Sua molécula está representada a seguir.



Na figura, o carbono quiral que essa molécula possui é representado pelo número:

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

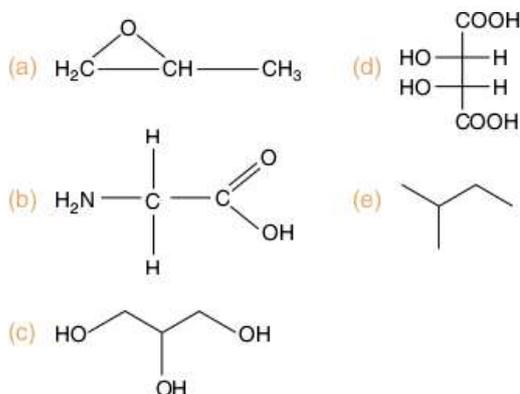
34 Unisc 2017 Em relação à molécula do ácido 2-amino-3-hidróxi propanoico, conhecido também por serina, pode-se afirmar que

- (a) apresenta um carbono assimétrico.
(b) constitui-se numa proteína essencial para o organismo humano.
(c) contém 1 carbono hibridizado sp² e 2 carbonos hibridizados sp.
(d) apresenta isomeria espacial geométrica.
(e) tem fórmula molecular C₃H₆NO₃ e 3 carbonos primários.

35 UPE 2017 Até agora, já foram detectadas mais de 180 moléculas no espaço. Porém, em 2016, a revista *Science* publicou a descoberta da primeira molécula quiral detectada no espaço. A descoberta foi feita, analisando-se as ondas-rádio, provenientes de uma parte fria de uma nuvem de poeira e gás do centro da nossa galáxia, conhecida por Sagitário B2. Esse feito aumenta o interesse por novas pesquisas para se compreender a quiralidade nos fenômenos naturais. A descoberta também cria novas expectativas de se encontrarem, no espaço, algumas das substâncias responsáveis pelos processos vitais de organismos vivos da Terra.

Disponível em: <<http://publico.uol.com.br/ciencia/noticia/um-aperto-de-maos-no-espaco-sao-moleculas-quirais-173097>>. Acesso em: 10 jul. 2016. (Adapt.)

Qual substância foi encontrada no espaço?

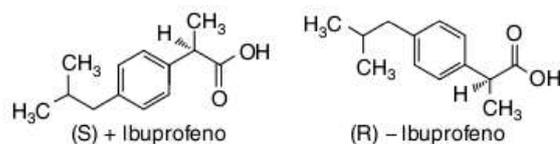


36 UEL 2017 Leia a charge a seguir.



Disponível em: <portal.doprofessor.mec.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2016.

A charge evidencia uma situação cotidiana relacionada à compra de medicamentos, na qual ocorrem dúvidas por parte da consumidora, tendo em vista os diferentes medicamentos comercializados: os de marca, os similares e os genéricos. Essa dúvida, no entanto, não deveria existir, pois os diferentes tipos de medicamentos devem apresentar o mesmo efeito terapêutico. O que não se sabe, por parte da população em geral, é que muitos medicamentos são vendidos na forma de dois isômeros ópticos em quantidades iguais, mas apenas um deles possui atividade terapêutica. Por exemplo, o ibuprofeno é um anti-inflamatório que é comercializado na sua forma (S)+ (ativa) e (R)- (inativa), conforme mostram as figuras a seguir.



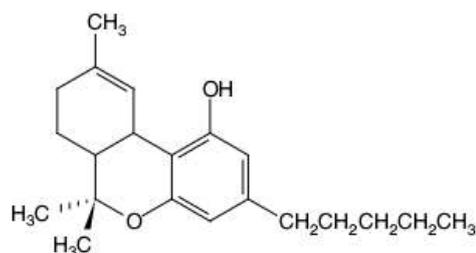
Com base nessas informações, considere as afirmativas a seguir.

- O ibuprofeno é comercializado na forma de racemato.
- Os dois isômeros são diastereoisômeros.
- Os dois isômeros apresentam isomeria de posição.
- Os dois isômeros possuem pontos de fusão iguais.

Assinale a alternativa correta.

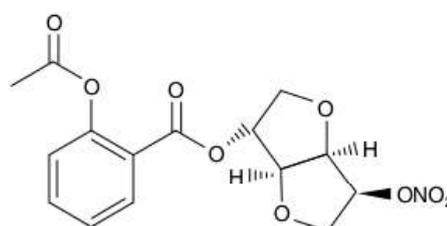
- Somente as afirmativas I e II são corretas.
- Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

37 UFPI Alguns países já consideram a liberação da maconha (*Cannabis sativa*) para fins medicinais. Dada a estrutura do princípio ativo da maconha, o tetra-hidrocanabinol (THC), escolha a opção correta.



- O THC possui um carbono assimétrico, portanto deve ser opticamente ativo.
- O THC possui dois carbonos assimétricos, portanto deve ser opticamente ativo.
- O THC possui três carbonos assimétricos, portanto deve ser opticamente ativo.
- O THC possui quatro carbonos assimétricos, portanto deve ser opticamente ativo.
- O THC não possui qualquer carbono assimétrico, portanto deve ser opticamente inativo.

38 USF 2016 O remédio conhecido como Isordil® é de uso contínuo para os pacientes que possuem algum tipo de doença coronariana. Esse medicamento tem seu uso relacionado a ataques cardíacos e é indicado no tratamento posterior ao infarto. Seu efeito ativo é derivado do nitrato de isosorbida, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.



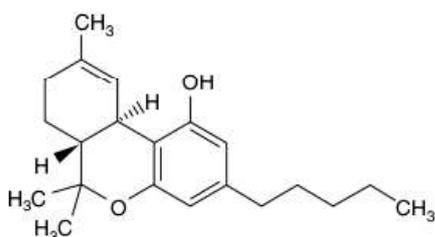
A respeito da estrutura de tal substância, são realizadas as seguintes afirmações:

- I. Nessa substância, é possível encontrar a função orgânica amina.
- II. Há quatro átomos de carbonos quirais em sua estrutura.
- III. Dentre outras funções oxigenadas, uma das encontradas é a função cetona.
- IV. O composto apresenta dois grupos funcionais dos ésteres.
- V. Há um único átomo de carbono hibridizado em sp^2 que também é carbono terciário.

Das afirmações realizadas, são corretas

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

39 IFSul 2016 A *Cannabis sativa* (maconha) possui diversas substâncias químicas que, ao entrarem em contato com o corpo do usuário, desencadeiam uma série de efeitos, entre eles a sensação de excitação provocada pelo reagente THC. O THC tem sua fórmula estrutural mostrada ao lado.



Fonte: <www.sitedecuriosidades.com>. (Adapt.)

Sobre a estrutura do THC, é correto afirmar que ela apresenta

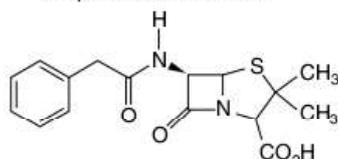
- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| (a) 5 carbonos quirais. | (c) 3 anéis aromáticos. |
| (b) função fenol e éter. | (d) apenas carbonos sp^3 . |

40 Fepar 2016 A penicilina benzatina, muito conhecida pelo nome comercial Benzetacil, antibiótico usado para tratar sífilis e outras infecções, está em falta no Brasil tanto no setor público como no privado. A crise de abastecimento, que segundo o Ministério da Saúde é provocada por escassez de matéria-prima, tem preocupado os médicos.

A febre reumática, por exemplo, é uma doença autoimune que, para ser controlada, necessita do uso regular desse tipo de penicilina, e a diminuição da oferta do remédio traz muitas dificuldades para quem precisa do tratamento.



Representação da estrutura da penicilina benzatina



Sobre a estrutura acima, julgue as afirmativas que seguem.

- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | A estrutura apresenta 6 carbonos sp^2 e 12 carbonos sp^3 . |
| <input type="checkbox"/> | Apresenta isomeria óptica, possuindo apenas um carbono quiral. |

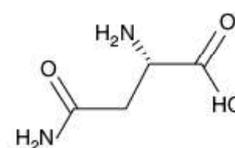
- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Possui as funções amida, ácido carboxílico e um anel aromático. |
| <input type="checkbox"/> | O número total de átomos de hidrogênio presentes nessa estrutura é 18. |
| <input type="checkbox"/> | Apresenta 6 ligações π . |

41 PUC-PR 2016 Os alimentos ricos em asparagina são, principalmente, alimentos ricos em proteína. A asparagina é um aminoácido não essencial porque independe da ingestão de alimentos ricos em nutrientes, pois o organismo consegue produzi-lo quando necessário. Uma das funções da asparagina é manter as células do sistema nervoso saudáveis e contribuir para a formação e manutenção de ossos, pele, unhas e cabelos, por exemplo. A asparagina serve para formar dentro do organismo novas proteínas de acordo com a necessidade do organismo em cada momento.

Disponível em: <<http://www.tuasaude.com>>.

Analisando o texto e a fórmula da asparagina apresentada a seguir.

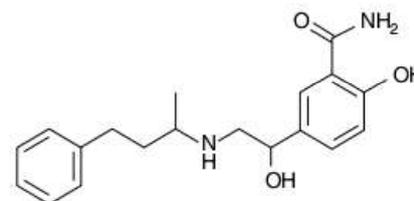
Dado: Número atômico: H = 1, C = 6, N = 7, O = 8



Assinale a alternativa **correta**.

- (a) Podemos encontrá-la em alimentos como carne e leite apen-
- (b) Possui dois isômeros ópticos ativos, sendo possível a obtenção de uma mistura racêmica, a qual é opticamente ativa, ou seja, desvia o plano de luz polarizado.
- (c) Possui um isômero dextrógiro e dois isômeros levogiros.
- (d) Possui as seguintes funções orgânicas: amina, amida e ácido carboxílico.
- (e) Possui a função amina, a qual caracteriza o seu caráter ácido.

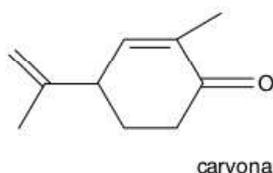
42 UFPA 2016 O anti-hipertensivo labetalol, fórmula estrutural plana dada abaixo, é exemplo de um fármaco que apresenta vantagens ao ser administrado como racemato.



Como no processo de síntese todos os estereoisômeros são produzidos, o número de estereoisômeros na mistura será

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

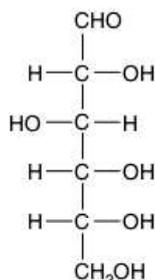
43 UPF 2016 A carvona é uma substância que pode ser encontrada no óleo essencial extraído da *Mentha viridis* (ℓ).



Sobre a carvona, é correto afirmar:

- (a) Apresenta todas as duplas conjugadas entre si.
- (b) Apresenta duas duplas com isomeria geométrica (*cis-trans*).
- (c) Apresenta a fórmula molecular $C_{10}H_{13}O$.
- (d) Apresenta quatro carbonos com hibridização sp^2 .
- (e) Apresenta um carbono assimétrico em sua estrutura.

44 Uece 2016 A glicose é uma das principais fontes de energia para o ser humano, sendo também conhecida como “açúcar do sangue”. Atente à estrutura da glicose:



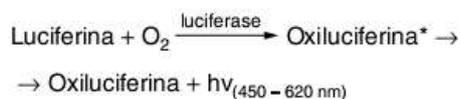
No que diz respeito à isomeria óptica que ocorre com a estrutura da glicose, assinale a afirmação verdadeira.

- (a) Na estrutura existem dois átomos de carbono assimétricos.
- (b) O total de isômeros ópticos ativos gerados por essa estrutura é 16.
- (c) Essa estrutura representa a glicose levogira.
- (d) Na estrutura existem três átomos de carbono simétricos.

Texto para a questão 45.

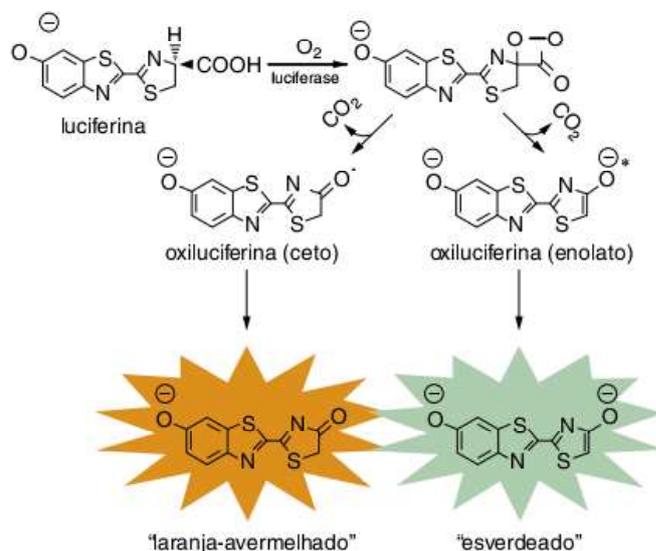
Leia o texto para responder à questão a seguir.

A bioluminescência é o fenômeno de emissão de luz visível por certos organismos vivos, resultante de uma reação química entre uma substância sintetizada pelo próprio organismo (luciferina) e oxigênio molecular, na presença de uma enzima (luciferase). Como resultado dessa reação bioquímica é gerado um produto em um estado eletronicamente excitado (oxiluciferina*). Este produto, por sua vez, desativa-se por meio da emissão de luz visível, formando o produto no estado normal ou fundamental (oxiluciferina). Ao final, a concentração de luciferase permanece constante.



O esquema ilustra o mecanismo geral da reação de bioluminescência de vagalumes, no qual são formados dois produtos

diferentes em estados eletronicamente excitados, responsáveis pela emissão de luz na cor verde ou na cor vermelha.



45 Unesp 2016 De acordo com o texto e utilizando a classificação periódica dos elementos, assinale a alternativa que apresenta a massa molar, em $g \cdot mol^{-1}$, e o tipo de isomeria presente na luciferina do vagalume.

- (a) 274,3 e óptica.
- (b) 279,3 e óptica.
- (c) 279,3 e geométrica.
- (d) 274,3 e geométrica.
- (e) 279,3 e tautomeria.

Texto para a questão 46.

A molécula de epinefrina foi primeiramente isolada em sua forma pura em 1897 e sua estrutura foi determinada em 1901. Ela é produzida na glândula adrenal (daí vem o seu nome usual, adrenalina) como um único enantiômero.



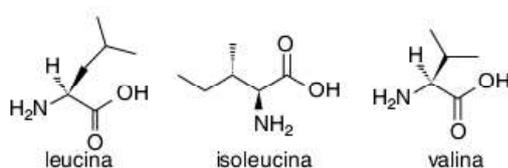
46 Udesc 2016 Analise as proposições em relação à molécula de epinefrina.

- I. Possui seis carbonos com a configuração sp e três com configuração sp^3 .
- II. A fórmula molecular é $C_9H_{13}NO_3$.
- III. Apresenta somente um carbono assimétrico.
- IV. Apresenta as funções amida, álcool e fenol.

Assinale a alternativa **correta**.

- (a) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- (b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- (c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- (d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- (e) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.

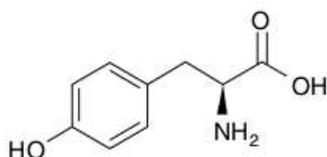
47 UEM 2015 Isoleucina, Leucina e Valina são aminoácidos essenciais, ou seja, aminoácidos que não são produzidos pelo nosso organismo. Assim, nós precisamos ingeri-los por meio de alimentação ou por suplemento alimentar. Com base na estrutura química dos aminoácidos, assinale o que for correto.



- 01 A carbonila é um grupo funcional presente nas estruturas dos aminoácidos.
- 02 A leucina possui um substituinte isobutil e a valina um substituinte isopropil.
- 04 Cada um dos aminoácidos citados possui em sua estrutura um centro quiral.
- 08 A molécula da isoleucina pode existir sob a forma de dois isômeros ópticos.
- 16 A leucina e a isoleucina são isômeros constitucionais de posição.

Soma:

48 PUC-SP 2015 A melanina é o pigmento responsável pela pigmentação da pele e do cabelo. Em nosso organismo, a melanina é produzida a partir da polimerização da tirosina, cuja estrutura está representada a seguir.



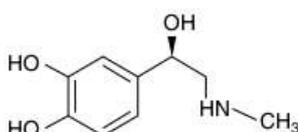
Sobre a tirosina foram feitas algumas afirmações:

- I. A sua fórmula molecular é $C_9H_{11}NO_3$.
- II. A tirosina contém apenas um carbono quiral (assimétrico) em sua estrutura.
- III. A tirosina apresenta as funções cetona, álcool e amina.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmação(ões)

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

49 IFSul 2015 A adrenalina, hormônio natural elaborado pelas glândulas suprarrenais e potente estimulante cardíaco e hipertensor, é um composto orgânico que apresenta a seguinte fórmula estrutural, representada abaixo:



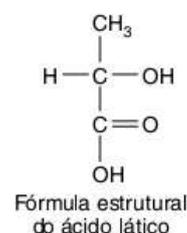
Quantos isômeros opticamente ativos apresenta esse hormônio?

- (a) 2 (c) 6
- (b) 4 (d) 8

50 UEL 2015 Leia o texto a seguir.

A atividade óptica foi um mistério fundamental da matéria durante a maior parte do século XIX. O físico francês Jean Baptist Biot, em 1815, descobriu que certos minerais eram opticamente ativos, ou seja, desviavam o plano de luz polarizada. Em 1848, Louis Pasteur foi além e, usando um polarímetro, percebeu que o fenômeno está associado à presença de dois tipos de substâncias opticamente ativas: as dextrógiras (desvio do plano de luz para a direita) e as levógiras (desvio do plano de luz para a esquerda). As observações de Pasteur começaram a se conectar com outras anteriores, como as de Schelle, que, em 1770, isolou o ácido láctico (Figura 4) opticamente inativo do leite fermentado, e Berzelius, que, em 1807, isolou a mesma substância de músculos, porém com atividade óptica.

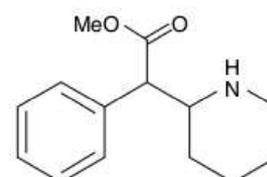
GREENBERD, A. *Uma breve história da química da alquimia às ciências moleculares modernas*. Trad. Henrique Eisi Toma; Paola Corio e Viktoria Klara Lakatos Osório. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. p. 297-299 (Adapt.)



Com base no texto e nos conhecimentos sobre isomeria óptica, assinale a alternativa correta.

- (a) Os isômeros ópticos do ácido láctico possuem propriedades físico-químicas diferentes, como pontos de fusão e ebulição.
- (b) O ácido láctico isolado do músculo por Berzelius era opticamente ativo porque possuía plano de simetria.
- (c) O ácido láctico possui dois carbonos quirais e dois isômeros ópticos que são diastereoisômeros.
- (d) O ácido láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, pode formar até duas misturas racêmicas.
- (e) O ácido láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, tinha os dois enantiômeros em quantidades iguais, a mistura racêmica.

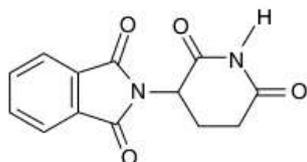
51 Unisc 2015 A Ritalina®, medicamento largamente utilizado para atenuar sintomas de inquietação e hiperatividade, principalmente por jovens e estudantes, apresenta a seguinte estrutura molecular



Em relação à estrutura da Ritalina® é incorreto afirmar que

- (a) apresenta as funcionalidades éster e amina secundária.
- (b) possui fórmula molecular $C_{14}H_{19}NO_2$.
- (c) apresenta 3 carbonos assimétricos.
- (d) possui 7 carbonos com hibridização sp^2 .
- (e) possui 2 carbonos terciários.

52 UCS 2015 A talidomida, cuja estrutura química encontra-se representada abaixo, foi comercializada pela primeira vez na Alemanha em 1957. A indústria farmacêutica que a desenvolveu acreditou que a mesma era tão segura que a prescreveu para mulheres grávidas para combater enjoos matinais. Infelizmente, várias gestantes que a utilizaram tiveram bebês com mãos, braços, pés e pernas atrofiados (efeito teratogênico). Posteriormente, verificou-se que a talidomida apresentava quiralidade e que apenas a (-)-talidomida era teratogênica, enquanto a (+)-talidomida é que minimizava o enjoo matinal.



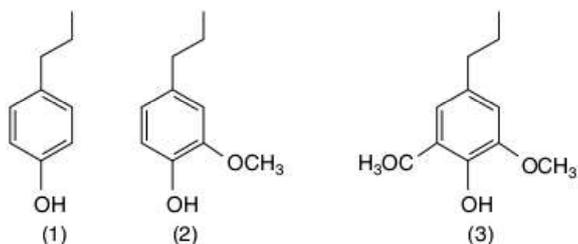
A (-)-talidomida e a (+)-talidomida são

- (a) isômeros de cadeia. (d) enantiômeros.
 (b) tautômeros. (e) isômeros de compensação.
 (c) isômeros de função.

Texto para a questão 53.

Leia o texto para responder à questão.

A lignina é um polímero de constituição difícil de ser estabelecida, por causa não somente da complexidade de sua formação, baseada em unidades fenilpropanoides (figura abaixo), como também, porque sofre modificações estruturais durante seu isolamento das paredes celulares das plantas. Eles são altamente condensados e muito resistentes à degradação. A sequência em que as unidades p-hidroxifenila (1), guaiacila (2) e siringila (3), em proporções diferentes são condensadas, é o que define a origem da lignina, ou seja, a planta de origem.



53 Uepa 2015 Sobre os compostos fenilpropanoides, analise as afirmativas abaixo.

- I. Os compostos 1 e 2 são isômeros de função.
- II. Os compostos 2 e 3 são isômeros de posição.
- III. O composto 3 não possui carbono quiral.
- IV. O composto 1 possui isomeria *cis* e *trans*.
- V. Os compostos 2 e 3 não são isômeros.

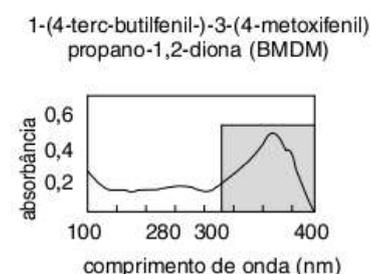
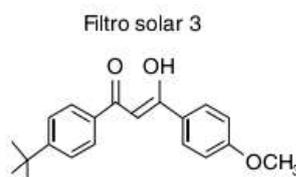
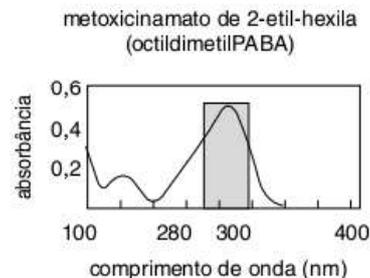
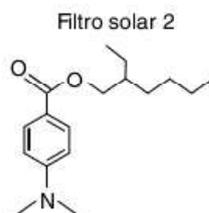
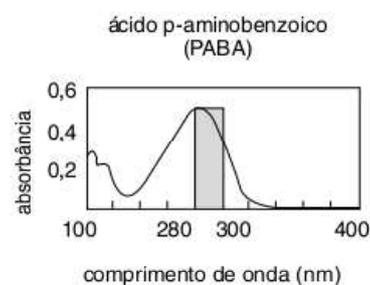
A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

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

Texto para a questão 54.

Leia o texto para responder à questão.

O espectro solar que atinge a superfície terrestre é formado predominantemente por radiações ultravioletas (UV) (100-400 nm), radiações visíveis (400-800 nm) e radiações infravermelhas (acima de 800 nm). A faixa da radiação UV se divide em três regiões: UVA (320 a 400 nm), UVB (280 a 320 nm) e UVC (100 a 280 nm). Ao interagir com a pele humana, a radiação UV pode provocar reações fotoquímicas, que estimulam a produção de melanina, cuja manifestação é visível sob a forma de bronzeamento da pele, ou podem levar à produção de simples inflamações até graves queimaduras. Um filtro solar eficiente deve reduzir o acúmulo de lesões induzidas pela radiação UV por meio da absorção das radiações solares, prevenindo assim uma possível queimadura. São apresentados a seguir as fórmulas estruturais, os nomes e os espectros de absorção de três filtros solares orgânicos.



FLOR, Juliana et al. "Protetores solares". *Química Nova*, 2007. (Adapt.)

54 Unesp 2015 Dentre os três filtros solares orgânicos citados, apresentam tautomeria e isomeria óptica, respectivamente:

- (a) PABA e octildimetilPABA.
 (b) BMDM e PABA.
 (c) BMDM e octildimetilPABA.
 (d) PABA e BMDM.
 (e) octildimetilPABA e BMDM.

Texto para a questão 55.

Leia o texto para responder à questão.

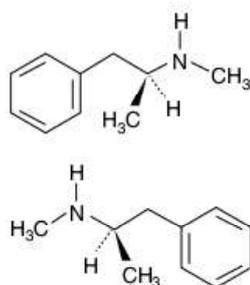
A história do seriado *Breaking Bad* gira em torno de um professor de Química do ensino médio, com uma esposa grávida e um filho adolescente que sofre de paralisia cerebral. Quando é diagnosticado com câncer, ele abraça uma vida de crimes, produzindo e vendendo metanfetaminas.

O uso de drogas pode desestabilizar totalmente a vida de uma pessoa, gerando consequências devastadoras e permanentes. Muitas vezes, toda a família é afetada.

As metanfetaminas são substâncias relacionadas quimicamente com as anfetaminas e são um potente estimulante que afeta o sistema nervoso central.

Disponível em: <<http://tinyurl.com/pffwfe6>>. Acesso em: 13 jul. 2014. (Adapt.)

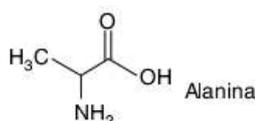
55 Fatec 2015 A metanfetamina, N-metil-1-fenilpropano-2-amina, fórmula $C_{10}H_{15}N$, apresenta os isômeros representados pelas fórmulas estruturais:



A análise das estruturas nos permite concluir, corretamente, que os compostos são isômeros

- (a) de cadeia.
- (b) de posição.
- (c) de função.
- (d) geométricos.
- (e) ópticos.

56 Unifor 2014 A alanina (ácido 2-amino-propanoico) é um aminoácido que faz parte da estrutura das proteínas. Em relação à ocorrência de estereoisomeria, pode-se afirmar que alanina apresenta um número de estereoisômeros igual a:



- (a) 0
- (b) 2
- (c) 4
- (d) 6
- (e) 8

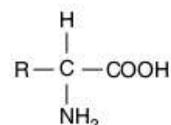
57 UFPel A proteína do leite apresenta uma composição variada em aminoácidos essenciais, isto é, aminoácidos de que o organismo necessita na sua dieta, por não ter capacidade de sintetizar a partir de outras estruturas orgânicas. A tabela a seguir apresenta a composição em aminoácidos essenciais no leite de vaca.

Conteúdo de aminoácidos essenciais no leite da vaca	
Aminoácidos	mg/g de proteínas
Lisina	8,22
Treolina	3,97
Valina	5,29
Isoleucina	4,50
Leucina	8,84
Tirosina	4,44
Fenilalanina	4,25

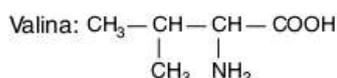
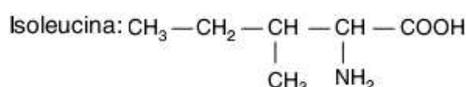
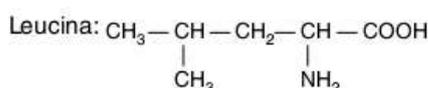
*Quantidades menores dos aminoácidos triptofano cistina e metionina foram detectadas no leite.

Os aminoácidos constituintes das proteínas apresentam características estruturais semelhantes, diferindo quanto à estrutura do substituinte (R), conforme exemplificado a seguir.

Estrutura geral de um aminoácido:



Dos aminoácidos essenciais presentes na proteína do leite, podemos citar as seguintes estruturas:



Dos aminoácidos relacionados, podemos afirmar que:

- (a) isoleucina e valina são isômeros de cadeia e, por apresentarem carbono assimétrico, ambos são opticamente ativos.
- (b) leucina e isoleucina são isômeros de posição e, por terem carbono assimétrico, apresentam isomeria óptica.
- (c) leucina e valina são isômeros de função e, por apresentarem carbono assimétrico, ambos têm um par de enantiômeros.
- (d) leucina e isoleucina são isômeros de função e não são opticamente ativos.
- (e) valina e isoleucina são isômeros de cadeia, porém somente a valina é opticamente ativa.

58 FGV São feitas as seguintes afirmações sobre o composto 3,5-dimetil-hepta-2-eno.

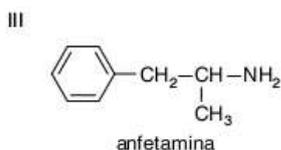
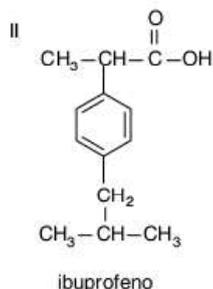
- A sua fórmula molecular é C_9H_{18} .
- Apresenta um átomo de carbono com arranjo trigonal planar.
- Apresenta isômeros ópticos.
- Apresenta isomeria geométrica.

São corretas as afirmações contidas apenas em:

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

59 PUC-PR A isomeria óptica pode ser detectada a partir do desvio que a luz polarizada sofre ao passar por uma substância ou solução contendo excesso de um dos enantiômeros (isômero óptico).

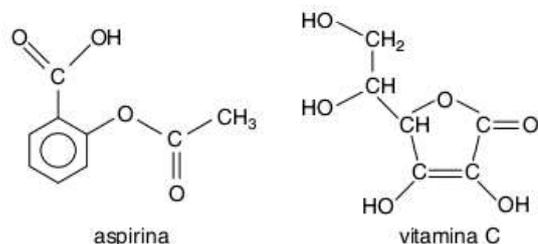
Isômeros ópticos, geralmente, apresentam comportamento distinto nos organismos vivos, pois a grande maioria dos sítios receptores (geralmente proteínas) também apresenta isomeria óptica. Dessa forma, cada um dos enantiômeros pode apresentar interação distinta com esses sítios, causando efeitos diversos. Um dos grandes avanços da indústria farmacêutica é a síntese de medicamentos cujo princípio ativo é apresentado na forma opticamente pura, reduzindo os efeitos colaterais causados pelos enantiômeros que não teriam a ação terapêutica desejada.



Dentre as estruturas de drogas representadas na figura anterior, apresentam isomeria óptica apenas as moléculas:

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

60 Unesp Dentre os inúmeros preparados farmacêuticos para o combate à dor, alguns contêm em suas formulações a “aspirina” – um analgésico e antitérmico, muito utilizado no combate à dor de cabeça –, outros são misturas de vitamina C e aspirina, tendo como finalidade combater os sintomas da gripe. As fórmulas estruturais para esses compostos são apresentadas a seguir.



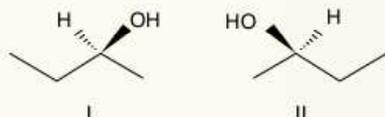
Com relação a esses compostos, é correto afirmar que há quiralidade:

- (a) apenas na aspirina, pois na sua molécula há seis átomos de carbono do anel benzênico.
 (b) apenas na aspirina, pois na sua molécula há dois átomos de carbono ligados, simultaneamente, a dois átomos de oxigênio.
 (c) apenas na vitamina C, pois na sua molécula há dois átomos de carbono unidos por dupla ligação e que constituem o heterociclo.
 (d) apenas na vitamina C, pois na sua molécula há dois átomos de carbono ligados, cada um deles, a quatro grupos distintos.
 (e) nos dois casos, pois as moléculas de ambos apresentam átomos de carbono unidos por ligações duplas constituindo um ciclo.

TEXTO COMPLEMENTAR

Nomenclatura de Enantiômeros: o sistema R,S

Os dois enantiômeros do butan-2-ol são os seguintes:



Se dermos nome a esses dois enantiômeros utilizando apenas o sistema Iupac de nomenclatura que aprendemos até aqui, os dois enantiômeros terão o mesmo nome: butan-2-ol (ou álcool sec-butilico). Isso é indesejável, porque cada composto deve ter seu nome próprio diferente. Além do mais, o nome dado a um composto deve permitir que um químico acostumado com as regras de nomenclatura escreva a estrutura do composto a partir apenas do

seu nome. Dado o nome 2-butanol, um químico poderia escrever a estrutura I ou a estrutura II.

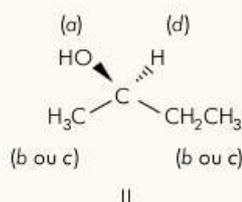
Três químicos, R. S. Cahn (Inglaterra), C. K. Ingold (Inglaterra) e V. Prelog (Suíça), desenvolveram um sistema de nomenclatura que, quando adicionado ao sistema Iupac, resolve esses dois problemas. Esse sistema, chamado **sistema R,S** ou sistema Cahn-Ingold-Prelog, é agora amplamente utilizado constituindo parte das regras da Iupac.

De acordo com esse sistema, um enantiômero do 2-butanol deve ser denominado (R)-butan-2-ol e o outro enantiômero deve ser denominado (S)-butan-2-ol. [(R) e (s) vêm das palavras em latim *rectus* e *sinister*, significando direita e esquerda, respectivamente]. Diz-se que essas moléculas têm configurações opostas no C2.

As configurações (R) e (S) são assinaladas com base no seguinte procedimento.

1. Em cada um dos quatro grupos ligados ao centro de quiralidade é assinalada uma prioridade ou preferência *a, b, c* ou *d*. A prioridade é primeiramente atribuída com base no número atômico do átomo que está diretamente ligado ao centro de quiralidade. Ao grupo com o menor número atômico é dada a menor prioridade, *d*; ao grupo com o próximo número atômico mais alto é dada a próxima mais alta prioridade, *c*; e assim por diante. (No caso de isótopos, o isótopo de maior massa atômica tem a maior prioridade.)

Podemos ilustrar a aplicação da regra com o enantiômero do butan-2-ol, II:

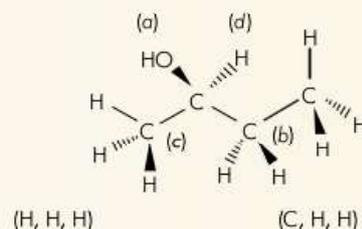


O oxigênio tem o maior número atômico dos quatro átomos ligados ao centro de quiralidade, e a ele é atribuída a maior prioridade, *a*. O hidrogênio tem o menor número atômico e a ele é atribuída a prioridade mais baixa, *d*. Uma prioridade não pode ser atribuída para o grupo metila e para o grupo etila, utilizando-se essa abordagem porque o átomo que está diretamente ligado ao centro de quiralidade é um átomo de carbono em ambos os grupos.

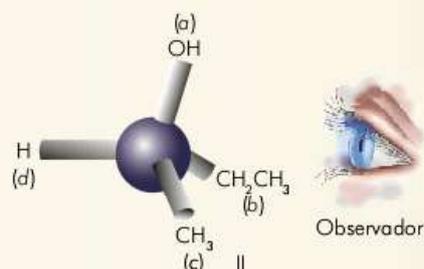
2. Quando uma prioridade não pode ser atribuída com base no número atômico dos átomos que estão diretamente ligados ao centro de quiralidade, então o próximo conjunto de átomos nos grupos não atribuídos é examinado. Esse processo continua até que uma decisão possa ser tomada.

Quando examinamos o grupo metila do enantiômero II, descobrimos que o próximo conjunto de átomos consiste em três átomos de hidrogênio (C, H, H). No grupo etila de II, o próximo conjunto de átomos consiste em um átomo de carbono e dois átomos de hidrogênio (C, H, H). O carbono tem um

número atômico maior do que o do hidrogênio. Assim, atribuímos ao grupo etila a maior prioridade, *b*, e ao grupo metila a menor prioridade, *c*, já que (C, H, H) > (H, H, H):

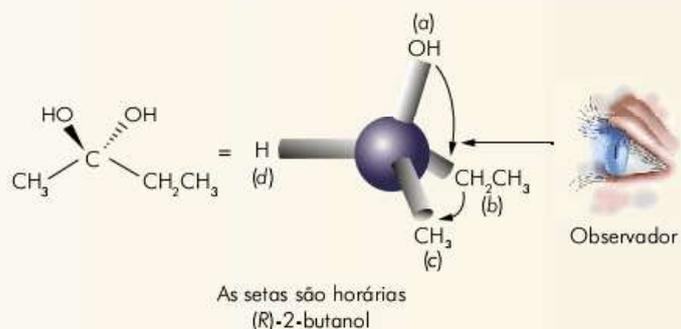


3. Agora giramos a fórmula (ou o modelo) de tal forma que o grupo com a menor prioridade (*d*) esteja apontando para longe de nós:



Então traçamos um caminho a partir de *a* para *b* para *c*. Se, à medida que fazemos isso, o sentido de nossos dedos (ou lápis) é horário, o enantiômero é denominado (R). Se o sentido é anti-horário, o enantiômero é denominado (S).

Baseado nisso, o enantiômero butan-2-ol II é o (R)-butan-2-ol:



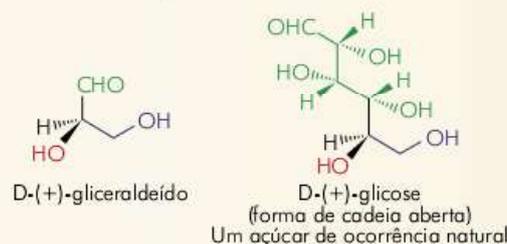
SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. *Química orgânica*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 1. cap. 5. p. 184-185.

A nomenclatura D e L

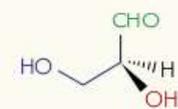
A nomenclatura D e L é um sistema para designar a configuração de compostos quirais que era utilizado antes de o sistema CIP ter sido introduzido. Ela continua sendo útil para algumas moléculas biologicamente importantes, principalmente aminoácidos e açúcares. Nesse sistema, o gliceraldeído (2,3-di-hidroxipropanal), um composto quiral simples, é utilizado como padrão para a comparação com a configuração de outros centros quirais.

O (+)-enantiômero do gliceraldeído é identificado como D (dextrorrotatório), e o (-)-enantiômero do gliceraldeído é identificado como L (levorrotatório). Qualquer enantiômero puro de um composto que é preparado a partir de o-gliceraldeído é identificado como D. Qualquer enantiômero único de um composto que pode ser convertido em D-gliceraldeído também é identificado como D.

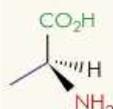
Por exemplo, a glicose que ocorre na natureza é denominada D-glicose (às vezes chamada dextrose). Semelhantemente, os enantiômeros únicos relacionados ao L-gliceraldeído dessas maneiras são identificados por L.



A relação estrutural do gliceraldeído com açúcares é relativamente fácil de ser vista, e, assim, os arranjos dos átomos nos centros de quiralidade do gliceraldeído e do açúcar podem ser facilmente comparados. É por isso que o uso de D e L é tão útil para esses compostos. De modo semelhante, as estruturas dos aminoácidos podem ser facilmente relacionadas com as estruturas dos gliceraldeídos.

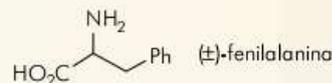


L-(-)-gliceraldeído



L-(+)-alanina
Um aminoácido de ocorrência natural

Os aminoácidos que ocorrem na natureza são em sua maioria L-aminoácidos, e os açúcares que ocorrem na natureza são em sua maioria D-açúcares. Observe que a designação de D ou L a uma estrutura não está relacionada ao sinal (+) ou (-) da rotação óptica. Por exemplo, um D-aminoácido pode ser um (+)-enantiômero ou um (-)-enantiômero.



PILLING, G.; PARSONS, A.; HOLMAN, J.; BURROWS, A.; PRICE, G. *Química 3: introdução à química inorgânica, orgânica e físico-química*. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2. cap. 10. p. 72-73.

RESUMINDO

Isomeria

Isômeros são compostos diferentes que têm a mesma fórmula molecular, mas diferem no arranjo dos átomos na estrutura das moléculas.

Isomeria plana ou constitucional

Na isomeria plana, os isômeros podem ser facilmente diferenciados pela observação de suas fórmulas estruturais planas, pois diferem na conectividade dos átomos que formam as moléculas isômeras.

Esse tipo de isomeria é dividido em cinco classes, que são nomeadas de acordo com sua principal diferença:

- Isomeria de função: compostos apresentam funções orgânicas diferentes.
- Isomeria dinâmica ou tautomeria: corresponde a um caso particular de isomeria de função, em que os compostos coexistem em equilíbrio químico.
- Isomeria de cadeia ou de núcleo: compostos apresentam a mesma função orgânica e diferentes cadeias carbônicas.
- Isomeria de posição: compostos apresentam a mesma função orgânica, a mesma cadeia e diferença na posição de um radical, insaturação ou um grupo funcional.
- Isomeria de compensação ou metameria: corresponde a um caso particular de isomeria de posição: envolve a diferença na posição de um heteroátomo.

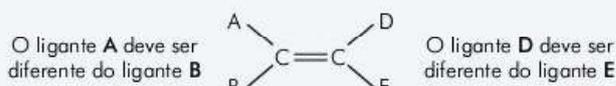
Isomeria espacial ou estereoisomeria

Isômeros espaciais ou estereoisômeros são isômeros que apresentam a mesma conectividade entre os átomos, mas diferem na disposição espacial dos átomos na molécula.

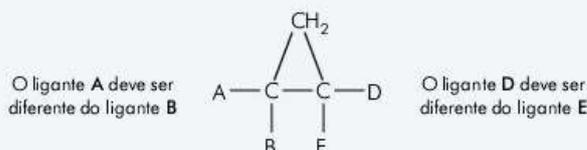
Isomeria geométrica

Esse tipo de isomeria pode acontecer tanto em compostos de cadeia aberta quanto de cadeia fechada.

- Compostos de cadeia aberta: devem apresentar pelo menos uma ligação dupla entre carbonos, e os ligantes de cada carbono dessa ligação devem ser diferentes entre si.



- Compostos de cadeia fechada: como na ligação dupla, o ciclo não permite livre rotação entre os carbonos. Para que aconteça a isomeria geométrica, o ciclo deve apresentar pelo menos dois carbonos com ligantes diferentes entre si.



Isomeria óptica

Tipo de isomeria espacial que acontece em moléculas **assimétricas** nas quais os isômeros diferem no desvio da **luz polarizada**.

- O caso mais importante de moléculas assimétricas acontece quando elas têm, em sua estrutura, pelo menos um átomo de carbono **quiral** ou **assimétrico**.
- Carbono quiral ou assimétrico é aquele que apresenta quatro ligantes diferentes entre si. Para facilitar a visualização do carbono quiral, ele costuma ser assinalado com um asterisco.
- Luz polarizada é um conjunto de ondas eletromagnéticas que, após atravessar um filtro polarizador, vibra em um único plano de vibração.
- Quando um isômero é equivalente à imagem especular do outro, eles desviam a luz polarizada de um mesmo ângulo, porém em sentidos opostos, por isso são chamados **enantiômeros** ou **enantiomorfos**.
- O isômero responsável pelo desvio para a direita é chamado **dextrógiro** ou **dextrorrotatório** e o responsável pelo desvio para a esquerda, **levogiro** ou **levorrotatório**.
- A mistura formada por quantidades iguais (equimolar) dos dois isômeros (dextrógiro e levogiro) é chamada **mistura**.

racêmica. A mistura racêmica não tem atividade óptica (**opticamente inativa**).

- Quando uma molécula tem vários carbonos quirais diferentes, podemos calcular o número de isômeros ópticos ativos pela regra de Van't Hoff.

- Número de isômeros opticamente ativos = 2^n (em que n é o número de carbonos quirais diferentes).
- O número de misturas racêmicas é sempre a metade do número de isômeros ópticos ativos. Dessa forma, pode ser calculado pela seguinte fórmula: $\frac{2^n}{2}$ ou 2^{n-1} .

■ QUER SABER MAIS?



Site

- Rotação da luz polarizada por moléculas quirais.
<[http://qnesc.sbq.org.br/online/itulo do livro?qnesc21/v21a07.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/itulo%20do%20livro?qnesc21/v21a07.pdf)>



Livro

Isomeria

- SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. *Química orgânica*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

Exercícios complementares

Isomeria plana

1 Mackenzie O número máximo de isômeros de fórmula molecular C_5H_{12} é:

- 6
- 5
- 4
- 3
- 2

2 UEL 2016 A gasolina é constituída por uma mistura de compostos de carbono, predominantemente por alcanos. O ponto de ebulição desses compostos aumenta, proporcionalmente, com o aumento do número de átomos de carbono presentes nas respectivas estruturas. Entretanto, a presença de ramificações em estruturas de alcanos contendo o mesmo número de átomos de carbono promove diminuição do ponto de ebulição.

De acordo com essas considerações, responda aos itens a seguir.

- a) Disponha os alcanos a seguir em ordem crescente de ponto de ebulição, usando os números de I a V.

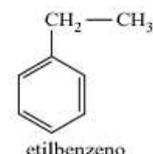
- 2-metil-hexano
- heptano
- 3,3-dimetilpentano
- hexano
- 2-metilpentano

- b) Quantos isômeros estruturais possui o hexano? Represente a fórmula estrutural completa para cada isômero estrutural.

3 USCS 2016 Vazamentos de tanques subterrâneos de combustíveis podem contaminar os solos com os chamados BTEX (sigla para os contaminantes benzeno, tolueno, etilbenzeno e

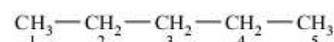
xileno). Para remediar o problema, utiliza-se a atenuação natural, que inclui processos como a biodegradação, a volatilização, a dispersão, a diluição e a adsorção dos contaminantes.

- Dentre os processos de atenuação natural citados, qual deles constitui um fenômeno químico? Justifique sua resposta.
- Análise a fórmula do etilbenzeno.



Dentre os BTEX, os compostos aromáticos etilbenzeno e xileno são isômeros entre si. Considerando a fórmula estrutural do etilbenzeno e que existem diferentes tipos de xileno, escreva a fórmula estrutural e dê o nome oficial (Iupac) de dois xilenos isômeros entre si.

4 UFG 2013 A estrutura apresentada a seguir ilustra a molécula do *n*-pentano.



Quando essa molécula é exposta a uma radiação ionizante, as ligações carbono-carbono são rompidas, gerando fragmentos de hidrocarbonetos.

Com base no exposto, responda:

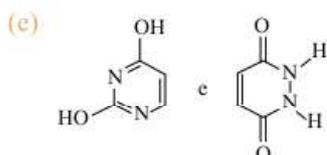
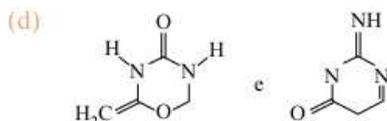
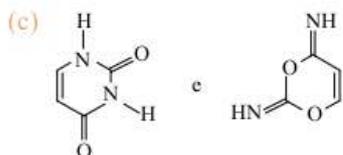
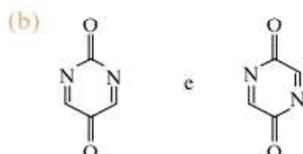
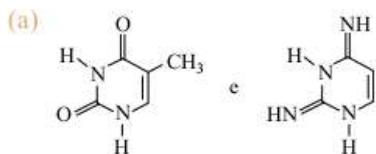
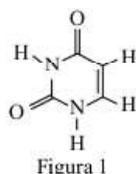
- Considerando-se o rompimento das ligações entre os carbonos 1 e 2 e entre os carbonos 2 e 3, escreva os fragmentos gerados e suas respectivas massas.
- Escreva as fórmulas estruturais planas de dois isômeros da molécula do *n*-pentano.

5 Uerj 2015 Um processo petroquímico gerou a mistura, em partes iguais, dos alcinos com fórmula molecular C_6H_{10} . Por meio de um procedimento de análise, determinou-se que essa mistura continha 24 gramas de moléculas de alcinos que possuem átomo de hidrogênio ligado a átomo de carbono insaturado. A massa da mistura, em gramas, corresponde a:

- (a) 30 (c) 42
(b) 36 (d) 48

6 UFSM A grande miscigenação ocorrida entre os índios, brancos e negros no Rio Grande do Sul e no Brasil é um campo amplo e aberto para uma recente ciência, a chamada arqueologia genética. Ela abrange o estudo do material genético de indivíduos para determinar suas origens.

A uracila é uma base constituinte do DNA (observe a figura 1). Qual das alternativas a seguir apresenta somente isômeros da uracila?

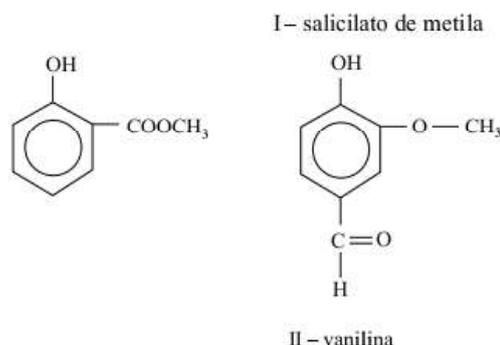


7 PUC-Rio A graduação alcoólica que é indicada nos rótulos das bebidas alcoólicas (mostrada em % Vol ou em graus Gay Lussac – °GL) indica a percentagem de álcool em volume

que a mistura contém. Considerando que a vodca comercial tem graduação igual a 37,5 °GL, responda às questões a seguir.

- a) Calcule a concentração em quantidade de matéria ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$) de álcool etílico em uma solução aquosa com 37,5% em volume do álcool, sabendo que a densidade do álcool etílico é igual a $0,80 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$.
b) Escreva a fórmula estrutural do álcool etílico e o seu nome, segundo a nomenclatura oficial da Iupac.
c) Escreva a fórmula estrutural do isômero funcional do álcool etílico.
d) Escreva a equação da combustão completa do etanol, balanceada corretamente.

8 UFRGS Considere as seguintes estruturas de dois compostos orgânicos, I e II.



A análise dessas estruturas permite concluir que:

- (a) ambos os compostos apresentam hidroxilas alcoólicas.
(b) o composto I apresenta as funções álcool e éster.
(c) os compostos são isômeros de função.
(d) o composto II apresenta as funções fenol, éter e ácido carboxílico.
(e) ambos os compostos devem ser insolúveis em água, pois são compostos com alto peso molecular.

9 Ufla

- I. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
II. $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$
III. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
IV. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$
V. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
VI. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_3$

A partir da análise dos compostos acima, pode-se afirmar que:

- (a) I é isômero funcional de V.
(b) I e II são isômeros de cadeia.
(c) III e IV são isômeros de posição.
(d) V e VI são isômeros funcionais.
(e) III e IV são isômeros de cadeia.

10 Fuvest Palíndromo – Diz-se da frase ou palavra que, ou se leia da esquerda para a direita, ou da direita para a esquerda, tem o mesmo sentido.

AJURÉLIO. *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. 2. ed. 40. imp. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. p. 1251.

“Roma me tem amor” e “a nonanona” são exemplos de palíndromo.

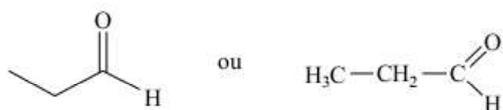
A nonanona é um composto de cadeia linear. Existem quatro nonanonas isômeras.

- Escreva a fórmula estrutural de cada uma dessas nonanonas.
- Dentre as fórmulas do item a, assinale aquela que poderia ser considerada um palíndromo.
- De acordo com a nomenclatura química, pode-se dar dois nomes para o isômero do item b. Quais são esses nomes?

11 Unifesp Substituindo-se dois átomos de H da molécula de benzeno, um deles por grupo $-OH$, e o outro por grupo $-NO_2$, podem ser obtidos três isômeros de posição.

- Escreva as fórmulas estruturais e os respectivos nomes oficiais desses isômeros de posição.
- Identifique o isômero que apresenta o menor ponto de fusão. Utilizando fórmulas estruturais, esquematize e classifique a interação molecular existente nesse isômero, que justifica seu menor ponto de fusão em relação aos dos outros dois isômeros.

12 PUC-Rio Considere o composto orgânico a seguir, representado de duas formas:



Sobre ele, responda:

- Esse composto pertence a que função?
- Faça a representação estrutural, em bastão do isômero de função, que apresenta cadeia carbônica alifática e saturada.

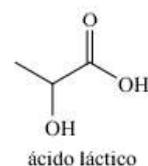
13 UFRJ Existem cinco compostos aromáticos diferentes, aqui representados pelas letras A, B, C, D e E, com a fórmula molecular C_7H_8O .

- A, B e C são isômeros de posição. Identifique a função química desses compostos.
- Escreva a fórmula estrutural do composto D, sabendo que seu ponto de ebulição é maior que o de E.

14 UFRJ As substâncias A, B e C têm a mesma fórmula molecular (C_3H_8O). O componente A tem apenas um hidrogênio ligado a um carbono secundário e é isômero de posição de C. Tanto A quanto C são isômeros de função de B. As substâncias A, B e C são, respectivamente:

- 1-propanol, 2-propanol e metoxietano.
- etoxietano, 2-propanol e metoxietano.
- isopropanol, 1-propanol e metoxietano.
- metoxietano, isopropanol e 1-propanol.
- 2-propanol, metoxietano e 1-propanol.

15 UFSM Analise a molécula do ácido láctico e assinale a alternativa que mostra, respectivamente, os isômeros cetona e éster.



-
-
-
-
-

16 Uerj O programa brasileiro de produção de etanol já despertou o interesse de várias nações. O etanol, além de ser uma ótima alternativa de combustível, também é utilizado em várias aplicações industriais, por exemplo, a produção do etanoato de etila, um flavorizante de larga aplicação.

A fórmula estrutural plana de uma substância que possui a mesma fórmula molecular do éster citado no texto é:

-
-
-
-

17 FGV Considere os compostos orgânicos: (I) 1-butanol, (II) metoxipropano, (III) ácido butanoico, (IV) butanal e (V) 2-butanona.

O etanoato de etila é isômero do composto:

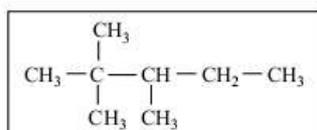
- I.
- II.
- III.
- IV.
- V.

18 Ufes Dois líquidos incolores têm a fórmula molecular $C_4H_{10}O$, porém apresentam pontos de ebulição bastante diferentes (117,7 °C e 34,6 °C).

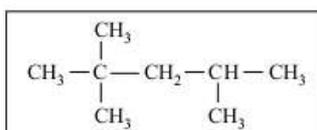
Esses líquidos podem ser:

- (a) um aldeído e uma cetona.
- (b) um álcool e um éter.
- (c) dois éteres isoméricos.
- (d) duas cetonas isoméricas.
- (e) dois aldeídos isoméricos.

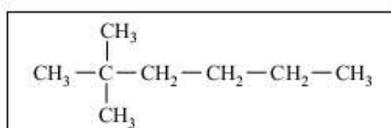
19 Uerj A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos diversos que apresenta, dentre outros, os seguintes componentes:



I



II



III

Os pares de componentes I-II e I-III apresentam isomeria plana, respectivamente, do tipo:

- (a) cadeia e cadeia.
- (b) cadeia e posição.
- (c) posição e cadeia.
- (d) posição e posição.

20 UFRJ As substâncias puras tetracloreto de carbono, n-octano, n-hexano e isopropanol encontram-se em frascos identificados apenas pelas letras A, B, C e D.

Para descobrir as substâncias contidas nos frascos, foram realizados dois experimentos:

– No primeiro experimento, foi adicionada uma certa quantidade de água nos frascos A e B, observando-se o comportamento a seguir:



(imiscibilidade)



(miscibilidade)

– No segundo experimento, determinou-se que a substância do frasco C foi aquela que apresentou a menor pressão de vapor à temperatura ambiente (25 °C).

Dado: tabela de propriedades.

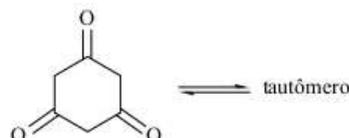
Substância	Temperatura normal de ebulição (°C)	Densidade (g/mL)
tetracloreto de carbono	77	1,6
isopropanol	82	0,8
n-octano	126	0,70
n-hexano	69	0,66

Nomeie e represente as estruturas em bastão dos isômeros de posição e de função do isopropanol.

Isomeria geométrica

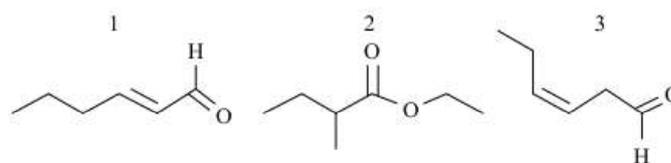
21 UFPR 2017 Isomeria é o fenômeno associado quando mais de uma substância apresenta a mesma fórmula molecular, mas difere estruturalmente quanto à disposição dos átomos na molécula. Entre as possibilidades de ocorrência desse fenômeno, as isomerias de função e geométrica são muito importantes na química orgânica. A tautomeria é um caso particular de isomeria de função, envolvendo um enol ($R-CH=C(OH)-R$) que se encontra em equilíbrio com seu tautômero carbonilado ($R-CH_2-C(O)-R$). A isomeria geométrica, por sua vez, depende da disposição espacial dos átomos, como é o caso da posição relativa dos átomos ligados aos carbonos de uma ligação dupla carbono-carbono, conhecido como isomeria *cis-trans*.

- a) A ciclohexan-1,3,5-triona, mostrada a seguir, possui um tautômero. Apresente a estrutura do composto presente em equilíbrio.



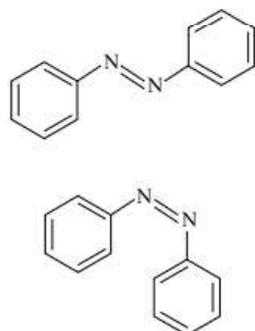
- b) Os ácidos fumárico e maleico são isômeros geométricos que possuem fórmula molecular $HO_2C-CH=CH-CO_2H$. O ácido fumárico é o isômero *trans*. Apresente as fórmulas estruturais espaciais (notação em bastão) dos ácidos fumárico e maleico. Indique claramente a geometria e identifique as moléculas do ácido fumárico e do maleico.

22 Uninove 2016 As fórmulas estruturais de alguns componentes do aroma do azeite de oliva estão representadas a seguir.



- a) Classifique as substâncias 1, 2 e 3 segundo os radicais funcionais que possuem.
- b) Indique qual das fórmulas estruturais corresponde a um isômero geométrico do tipo *cis*. Escreva a estrutura completa desse isômero, com todos os átomos representados, com a sua indicação *cis*.

23 PUC-Rio 2015 Na representação abaixo, encontram-se as estruturas de duas substâncias com as mesmas fórmulas moleculares.



Essas substâncias guardam uma relação de isomeria:

- de cadeia.
- de posição.
- de função.
- geométrica.
- óptica.

24 Uema 2014 A canela (*Cinnamomum zeylanicum*) é uma especiaria muito utilizada em pratos típicos do período junino, tais como a canjica e o mingau de milho, por ter um sabor picante e adocicado e aroma peculiar. Essas características organolépticas são provenientes do aldeído cinâmico (3-fenil propenal), que apresenta duas estruturas distintas em razão de sua isomeria geométrica, uma *cis* e a outra *trans*.

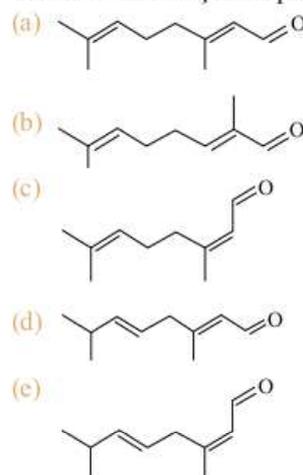
A partir da nomenclatura oficial desse aldeído, desenhe as duas estruturas isoméricas. A seguir, identifique as estruturas *cis* e *trans*, respectivamente. Justifique sua resposta.

25 Fuvest 2013 A reação do tetracloreto de zinco ($C_2H_2Cl_4$) com zinco metálico produz cloreto de zinco e duas substâncias orgânicas isoméricas, em cujas moléculas há dupla ligação e dois átomos de cloro. Nessas moléculas, cada átomo de carbono está ligado a um único átomo de cloro.

- Utilizando fórmulas estruturais, mostre a diferença na geometria molecular dos dois compostos orgânicos isoméricos formados na reação.
- Os produtos da reação podem ser separados por destilação fracionada. Qual dos dois isômeros tem maior ponto de ebulição? Justifique.

26 Enem 2013 O citral, substância de odor fortemente cítrico, é obtido a partir de algumas plantas, como o capim-limão, cujo óleo essencial possui aproximadamente 80%, em massa, da substância. Uma de suas aplicações é na fabricação de produtos que atraem abelhas, especialmente do gênero *Apis*, pois seu cheiro é semelhante a um dos feromônios liberados por elas. Sua fórmula molecular é $C_{10}H_{16}O$, com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6; e dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor.

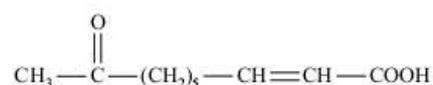
Para que se consiga atrair um maior número de abelhas para uma determinada região, a molécula que deve estar presente em alta concentração no produto a ser utilizado é:



27 UEG 2012 Considere o alceno de menor massa molecular e que apresenta isomeria geométrica e, em seguida, represente as estruturas dos isômeros:

- cis* e *trans* desse alceno;
- constitucionais possíveis para esse alceno.

28 Unesp As abelhas rainhas produzem um feromônio cuja fórmula é apresentada a seguir.

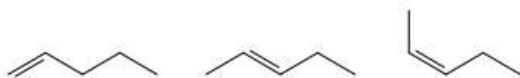


- Forneça o nome de duas funções orgânicas presentes na molécula deste feromônio.
- Sabe-se que um dos compostos responsáveis pelo poder regulador que a abelha rainha exerce sobre as demais abelhas é o isômero *trans* deste feromônio. Forneça as fórmulas estruturais dos isômeros *cis* e *trans* e identifique-os.

29 UFPE Um determinado jornal noticiou que “... a explosão foi causada pela substituição acidental do solvente *trans*-1,2-dicloroetano pelo *cis*-1,2-dicloroetano, que possui ponto de ebulição menor...”. Sobre essa notícia, podemos afirmar que:

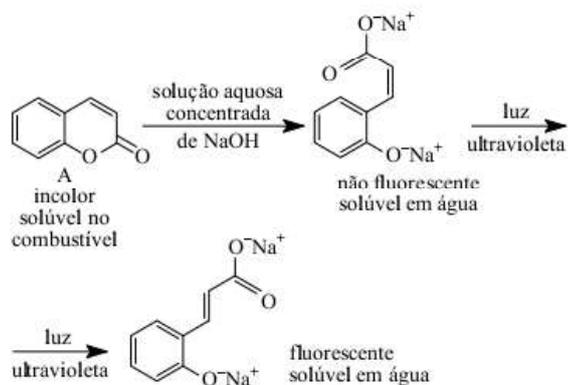
- é incorreta, pois estes dois compostos são isômeros, portanto possuem as mesmas propriedades físicas.
- é correta, pois o *trans*-1,2-dicloroetano é polar, portanto deve ter ponto de ebulição maior que o do *cis*-1,2-dicloroetano, que é apolar.
- é incorreta, pois o *trans*-1,2-dicloroetano é apolar, portanto deve ter ponto de ebulição menor que o do *cis*-1,2-dicloroetano, que é polar.
- é correta, pois o *trans*-1,2-dicloroetano é apolar, portanto deve ter ponto de ebulição maior que o do *cis*-1,2-dicloroetano, que é polar.
- é incorreta, pois estes dois compostos são tautômeros e possuem o mesmo momento dipolar, portanto possuem o mesmo ponto de ebulição.

30 Ufla O 2-pentanol, na presença de ácido, desidrata-se para formar uma mistura de três compostos relacionados a seguir, sendo dois deles isômeros configuracionais.



- Forneça as estruturas moleculares e a configuração dos dois estereoisômeros.
- Quantas ligações “sigma” e quantas “pi” existem em cada um dos produtos?

31 Fuvest Na Inglaterra, não é permitido adicionar querosene (livre de imposto) ao óleo diesel ou à gasolina. Para evitar adulteração desses combustíveis, o querosene é “marcado”, na sua origem, com o composto A, que revelará sua presença na mistura após sofrer as seguintes transformações químicas:



Um técnico tratou uma determinada amostra de combustível com solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio e, em seguida, iluminou a mistura com luz ultravioleta. Se no combustível houver querosene (marcado):

- no ensaio, formar-se-ão duas camadas, sendo uma delas aquosa e fluorescente.
- o marcador A transformar-se-á em um sal de sódio, que é solúvel em água.
- a luz ultravioleta transformará um isômero *cis* em um isômero *trans*.

Obs.:

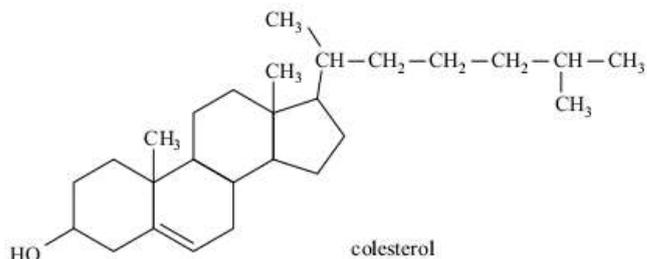
Fluorescente = que emite luz

Dessas afirmações:

- apenas I é correta.
- apenas II é correta.
- apenas III é correta.
- apenas I e II são corretas.
- I, II e III são corretas.

32 PUC-SP O LDL colesterol é algumas vezes denominado “mau colesterol” porque está associado à formação de placas gordurosas nas paredes arteriais, que posteriormente se calcificam, formando as placas ateroscleróticas. Sobre tais placas formam-se coágulos sanguíneos que provocam o bloqueio do vaso, impedindo o fluxo sanguíneo normal, como havia sido descrito pelo visionário Leonardo da Vinci já no século XVI.

Alguns alimentos contribuem para o aumento da taxa de LDL no sangue, especialmente aqueles ricos em gorduras *trans* e saturadas. O controle do nível de colesterol sanguíneo é uma preocupação crescente que tem demandado atenção por parte de instituições atuantes na área da saúde.



Com base no texto e nos seus conhecimentos de Química, responda.

- Analise a estrutura do colesterol. A qual função química ele pertence? Explique por que o colesterol é praticamente insolúvel em água.
- O ácido oleico é o principal componente do óleo de milho e do azeite de oliva. Este ácido graxo insaturado é encontrado nos óleos vegetais naturais sempre na forma *cis*. Entretanto, pode ser encontrado na forma *trans* na gordura hidrogenada industrialmente. Represente a fórmula estrutural do *cis*-ácido e do *trans*-ácido oleico.

Dado: o ácido oleico é um ácido carboxílico de cadeia não ramificada com 18 átomos de C e uma insaturação na posição 9 da cadeia.

33 UEL A vitamina A, conhecida como retinol, tem papel importante na química da visão. O retinol é oxidado a um isômero do retinal (estrutura A) que sofre isomerização, produzindo o outro isômero do retinal (estrutura B), a partir da ação de uma determinada enzima.

Observe as estruturas dos isômeros do retinal, a seguir, identificados como A e B.



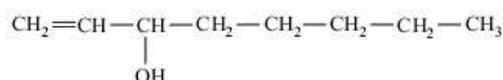
Com base nas estruturas e nos conhecimentos sobre o tema, assinale a alternativa correta.

- O composto A é identificado como 11-*trans*-retinal e difere de B na disposição espacial.
- O composto B, identificado como 11-*trans*-retinal, apresenta a função aldeído e contém um anel benzênico em sua estrutura.
- O composto A é identificado como 11-*cis*-retinal e apresenta fórmula molecular diferente de B.

- (d) O composto B é identificado como 11-*cis*-retinal e apresenta átomos de carbono com hibridização sp.
- (e) Os compostos A e B, identificados como 11-*cis* e 11-*trans*-retinal, respectivamente, apresentam cadeias saturadas.

34 UFMG Insetos indesejados podem ser eliminados usando-se armadilhas que contêm feromônios. Emitidas por indivíduos de determinada espécie, essas substâncias, funcionando como meio de comunicação entre eles, regulam o comportamento desses mesmos indivíduos.

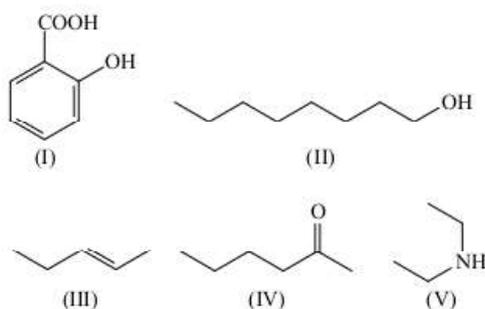
Um desses feromônios é o 1-octen-3-ol, que tem esta estrutura:



Considerando-se a estrutura desse álcool, é correto afirmar que ele apresenta:

- (a) condutividade elétrica elevada em solução aquosa.
- (b) diastereoisomeria *cis-trans*.
- (c) massa molar igual à do 3-octen-1-ol.
- (d) temperatura de ebulição menor que a do 1-octeno.

35 UFV Devido ao grande número de compostos orgânicos existentes, a Comissão Internacional de Química Pura e Aplicada (Iupac) tem estabelecido regras, que são periodicamente revisadas, para nomear de forma sistemática estes compostos:



Considerando as regras de nomenclatura recomendadas pela Iupac, os nomes dos compostos de (I) a (V) são, respectivamente:

- (a) ácido orto-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *cis*-pent-2-eno; hexan-2-ona; dietilamida.
- (b) ácido orto-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *trans*-pent-2-eno; hexan-2-ona; dietilamina.
- (c) ácido 2-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *cis*-pent-3-eno; hexan-2-ona; dietilamina.
- (d) ácido para-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *trans*-pent-2-eno; hexan-5-ona; dietilamina.
- (e) ácido 2-hidroxibenzoico; octan-1-ol; *trans*-pent-3-eno; hexan-5-ona; dietilamida.

Isomeria óptica

36 Uece 2014 O ibuprofeno é um fármaco do grupo dos anti-inflamatórios não esteroides, que funciona como analgésico e antipirético; é utilizado frequentemente para o alívio sintomático de dor de cabeça, dor dentária, dor muscular, moléstias

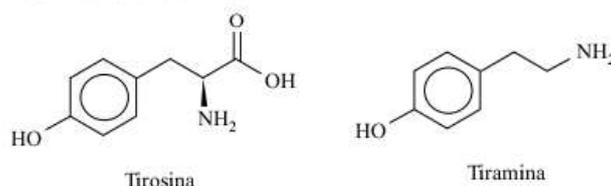
da menstruação, febre e dor pós-cirúrgica. Comercialmente é vendido como Advil.



Com relação à estrutura do ibuprofeno, assinale a afirmação correta.

- (a) Devido à ausência de carbono assimétrico, a molécula desse composto não apresenta isomeria óptica.
- (b) Sua molécula apresenta dois isômeros ópticos, com propriedades físicas diferentes, exceto o desvio da luz polarizada, de mesma intensidade e direção.
- (c) O carbono vizinho ao grupo —COOH é assimétrico.
- (d) Os dois enantiômeros desse composto apresentam as mesmas atividades fisiológicas.

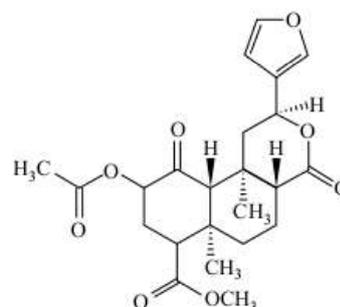
37 PUC-Rio 2014 Abaixo estão representadas as estruturas da tirosina e da tiramina.



Considerando essas substâncias, pode-se afirmar que:

- (a) são tautômeros.
- (b) são opticamente ativas.
- (c) são isômeros funcionais.
- (d) a tirosina possui um carbono assimétrico.
- (e) a tiramina possui um carbono assimétrico.

38 UFRGS 2013 Salvinorina A, cuja estrutura é mostrada abaixo, é um dos mais potentes alucinógenos naturais que se conhece. Esse composto é encontrado na *Salvia divinorum*, uma planta rara do México.



A respeito da estrutura da Salvinorina A, considere as seguintes afirmações.

- I. Contém anéis heterocíclicos.
- II. Contém carbonos assimétricos.
- III. Não apresenta carbonos terciários.

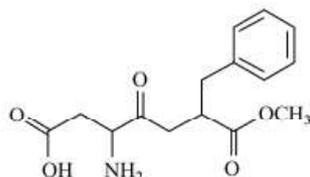
Quais estão corretas?

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

39 Udesc 2013 Assinale a alternativa **correta** em relação à molécula de 2-bromo-3-cloro-4-metilpentano.

- (a) Possui seis carbonos com hibridização sp .
- (b) Possui seis carbonos com hibridização sp^2 .
- (c) Apresenta em sua estrutura dois carbonos assimétricos.
- (d) Apresenta em sua estrutura três carbonos assimétricos.
- (e) É um hidrocarboneto de cadeia aberta, ramificado e insaturado.

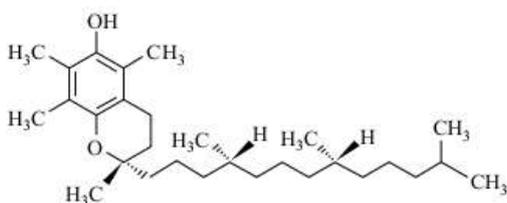
40 PUC-Rio 2013 Substâncias que possuem isomeria óptica apresentam a mesma fórmula molecular, contudo diferem entre si no arranjo espacial dos átomos.



De acordo com a estrutura representada, é possível prever que esta substância possui no máximo quantos isômeros ópticos?

- (a) 2
- (b) 3
- (c) 4
- (d) 5
- (e) 6

41 Cefet-MG 2013 Alguns protetores solares possuem vitamina E (*alfa-tocopherol*) na sua formulação, substância conhecida pela ação antioxidante. Ao neutralizar os radicais livres, responsáveis pelos fenômenos degenerativos, essa vitamina, cuja estrutura molecular está representada abaixo, confere uma proteção adicional para evitar danos causados pela radiação.



Com base nessa estrutura molecular, é correto afirmar que o *alfa-tocopherol*

- (a) reage com ácidos.
- (b) desvia a luz plano-polarizada.
- (c) tem fórmula mínima $C_{29}H_{50}O_2$.
- (d) possui as funções de álcool e éter.
- (e) apresenta cadeia normal e insaturada.

42 UFRN 2013 A anfetamina, de fórmula $C_6H_5-CH_2-CH(NH_2)-CH_3$, é um fármaco com ação estimulante sobre o sistema nervoso central. Esse fármaco pode ser representado por dois compostos que apresentam a mesma fórmula estrutural, mas só um deles tem efeito fisiológico. A obtenção de medicamentos que tenham esse comportamento constitui um desafio para os químicos. O Prêmio Nobel de Química, em 2001, foi outorgado aos químicos William S. Knowles (EUA), K. Barry Sharpless (EUA) e Ryoji Noyori (Japão) por desenvolverem métodos de sínteses com catalisadores assimétricos que permitem obter o enantiômero que interessa. O comportamento da anfetamina e os trabalhos dos químicos laureados com o Nobel dizem respeito

- (a) à isomeria de função em compostos com a mesma composição e com estruturas diferentes.
- (b) à isomeria óptica em compostos que têm, pelos menos, um carbono assimétrico.
- (c) à isomeria plana em compostos com a mesma composição e com estruturas diferentes.
- (d) à isomeria geométrica em compostos que têm, pelo menos, um carbono assimétrico.

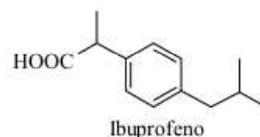
43 Uern 2013 A isomeria é o fenômeno pelo qual duas substâncias compartilham a mesma fórmula molecular, mas apresentam estruturas diferentes, ou seja, o rearranjo dos átomos difere em cada caso. O fenômeno ocorre principalmente em compostos de carbono, considerando a variedade de substâncias orgânicas presentes na natureza. A tetravalência do carbono permite formar longas cadeias estáveis e com múltiplas combinações. Eis aí a questão-chave da isomeria – o estudo das diferentes probabilidades de existência de compostos com mesma fórmula molecular.

Disponível em: <brasilecola.com/quimica/isomeria.htm>.

A isomeria pode ser geométrica e óptica. Qual das afirmativas a seguir apresenta uma substância que corresponde tanto a uma isomeria geométrica quanto à isomeria óptica ao mesmo tempo?

- (a) 2-metil-pent-3-en-2-ol
- (b) 3-metil-pent-3-en-2-ol
- (c) 4-metil-pent-3-en-2-ol
- (d) 5-metil-pent-3-en-2-ol

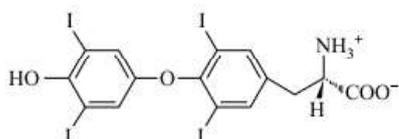
44 Udesc 2012 A molécula de ibuprofeno é conhecida por seu efeito analgésico no organismo humano. No entanto, somente um de seus isômeros apresenta esse efeito.



Com relação à molécula de ibuprofeno, é correto afirmar que:

- (a) apresenta em sua estrutura dois carbonos assimétricos.
- (b) possui seis carbonos com hibridização sp^2 .
- (c) sua fórmula molecular é $C_{13}H_{24}O_2$.
- (d) apresenta em sua estrutura somente um carbono assimétrico.
- (e) é um hidrocarboneto cíclico, ramificado e saturado.

45 UCS 2012 A glândula tireoide produz a tiroxina, cuja fórmula estrutural está representada abaixo, a partir do iodo e da tirosina. A tiroxina é um dos principais hormônios envolvidos no controle da velocidade metabólica. Baixos níveis de tiroxina (hipotireoidismo) podem levar à obesidade e à letargia, enquanto altos níveis (hipertireoidismo) podem causar efeitos opostos.



Análise a veracidade (V) ou a falsidade (F) das proposições abaixo sobre a tiroxina.

- É um composto aromático que apresenta isomeria óptica.
- Apresenta somente carbonos hibridizados na forma sp^2 .
- Apresenta fórmula mínima $C_{13}H_5O_4NI_4$.

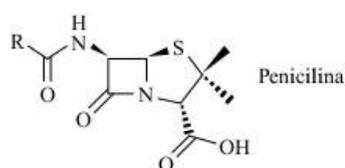
Assinale a alternativa que preenche corretamente os parênteses de cima para baixo.

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

46 UFU 2012 As mulheres promoveram um movimento de participação na ciência que levou a importantes descobertas ao longo do século XX. Dessas contribuições, Dorothy Mary Hodgkin (1910-1994) estudou os derivados de penicilina, uma vez que informações sobre sua estrutura poderiam ser de grande ajuda no desenvolvimento de métodos para sintetizá-la em grandes quantidades.

FARIAS. As mulheres e o prêmio Nobel de Química. *Revista Química Nova na Escola*, 2001.

A estrutura da penicilina, estudada por Hodgkin, é apresentada abaixo.

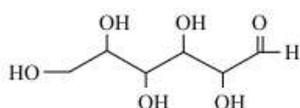


Considere R um radical metil

Com base nas informações acima, faça o que se pede.

- a) Verifique se a penicilina possui atividade óptica e justifique sua resposta.
- b) Apresente um grupamento químico presente na estrutura da penicilina.

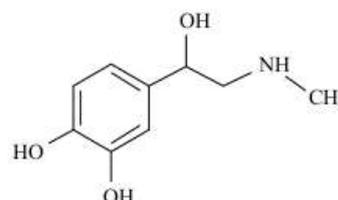
47 UNB 2012 A quantidade de carbonos quirais na molécula de glicose mostrada na figura abaixo é igual a



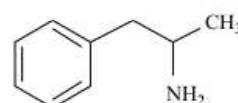
- (a) 3.
- (b) 4.
- (c) 5.
- (d) 6.

48 UPF 2014

Estrutura da adrenalina



Estrutura da anfetamina



A partir da análise das representações estruturais das substâncias adrenalina e anfetamina e das propriedades relacionadas às aminas, analise as afirmações a seguir e marque **V** para **verdadeiro** e **F** para **falso**:

- Em ambas as estruturas existem os grupamentos relativos às funções orgânicas álcool e amina, mas apenas na estrutura da anfetamina existe o grupamento relativo à função orgânica fenol.
- De acordo com a classificação das aminas pelo número de hidrogênios substituídos, tem-se, na estrutura da adrenalina, uma amina primária, e, na anfetamina, uma amina secundária.
- As aminas apresentam caráter básico mais acentuado do que álcoois, ésteres e éteres, uma vez que o nitrogênio é menos eletronegativo do que o oxigênio.
- Ambas as estruturas, da adrenalina e da anfetamina, podem ser consideradas aminas aromáticas, pois apresentam anel aromático.
- As duas substâncias químicas, adrenalina e anfetamina, apresentam átomo de carbono assimétrico e, portanto, possuem atividade óptica.

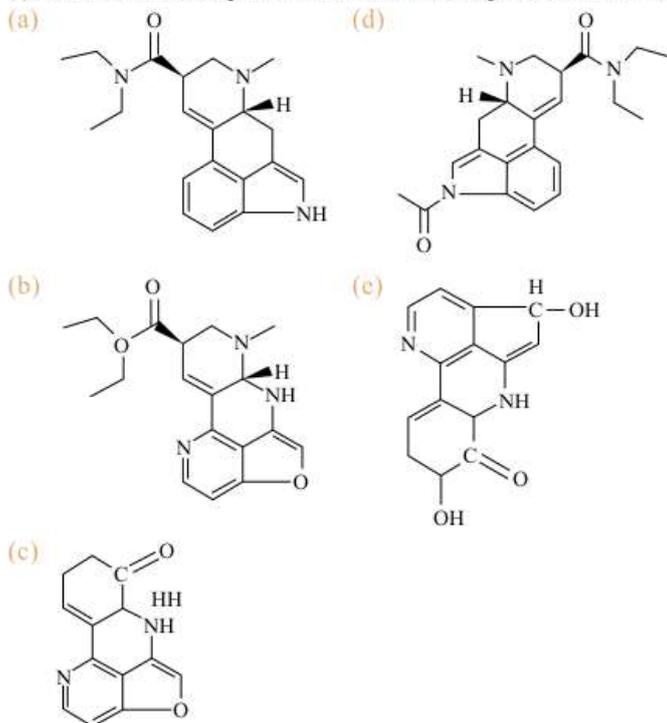
A sequência **correta** de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

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

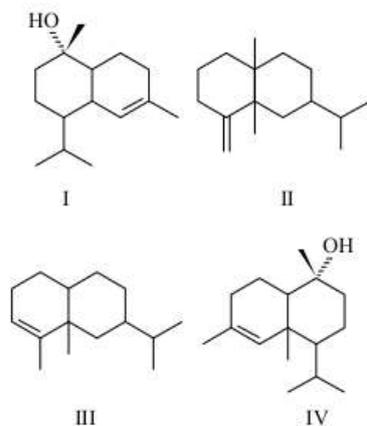
49 UPE 2016 O uso de drogas tem gerado sérios problemas de saúde e sociais, em muitos casos resultando na morte dos usuários. Esse é o caso do LSD-25, sigla alemã referente à dietilamida do ácido lisérgico, uma das mais potentes substâncias alucinógenas de que se tem conhecimento. A atividade dessa droga está relacionada a sua estrutura, na qual existem dois carbonos esterogênicos, um grupo funcional amina, dois grupos

amida. Essa molécula interfere no mecanismo de ação da serotonina, um neurotransmissor do cérebro, causando os efeitos alucinógenos e outras complicações.

Qual das estruturas representadas abaixo corresponde ao LSD-25?



50 PUC-Rio 2014



Sobre as substâncias I, II, III e IV, tem-se que:

- (a) I e IV são substâncias iguais.
- (b) I e IV são isômeros espaciais.
- (c) II e III são substâncias iguais.
- (d) II e III são isômeros geométricos.
- (e) II e IV são isômeros funcionais.

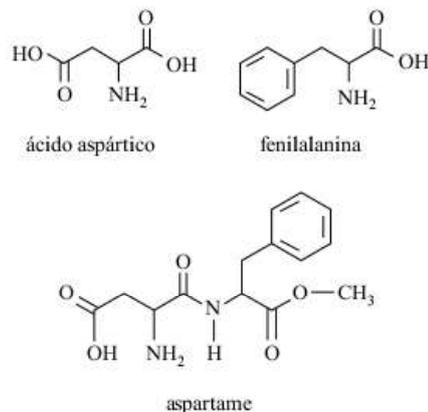
51 UFSC 2016

Adoçantes fazem realmente mal à saúde?

O aspartame é provavelmente o adoçante artificial mais conhecido e também o mais criticado mundialmente. É produzido a partir dos aminoácidos ácido aspártico e fenilalanina. Alguns estudos científicos recentes sugerem que o aumento de alguns tipos de câncer pode estar associado ao consumo excessivo deste adoçante. Por outro lado,

pesquisas realizadas pelo Instituto Nacional do Câncer dos Estados Unidos e pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos concluíram que o consumo de aspartame na quantidade de 40 mg por cada quilograma de massa corporal do indivíduo é seguro.

Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/02/150204_vert_fut_adocante_ml.shtml>. Acesso em: 18 ago. 2015. (Adapt.)



Informações adicionais:

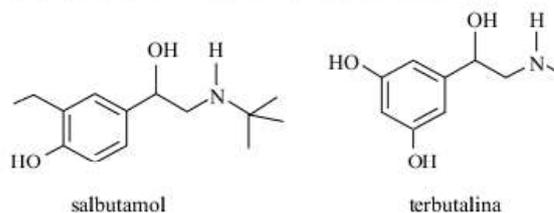
No Brasil, sugere-se que a ingestão diária máxima de aspartame seja de 10 gotas/kg de massa corporal para os produtos comercializados na forma líquida, de modo a não ultrapassar a ingestão diária aceitável de 40 mg/kg de massa corporal. Considere que cada gota de adoçante contém 4,0 mg de aspartame e que para adoçar uma xícara de café seja necessário adicionar 21 gotas de adoçante.

Sobre o assunto tratado acima, é **correto** afirmar que:

- 01 a nomenclatura Iupac do ácido aspártico é ácido 3-amino propanoico.
- 02 a nomenclatura Iupac da fenilalanina é ácido 2-amino-3-fenilpropanoico.
- 04 um indivíduo de 50 kg que ingerir, em um dia, quinze xícaras de café com adoçante contendo aspartame nas condições descritas no enunciado terá ingerido uma quantidade maior do adoçante artificial do que a aceitável.
- 08 as moléculas de ácido aspártico e de fenilalanina apresentam as funções orgânicas amida e ácido carboxílico.
- 16 a molécula de aspartame apresenta dois átomos de carbono assimétricos.
- 32 a molécula de fenilalanina apresenta um par de enantiômeros.
- 64 a molécula de ácido aspártico possui dois pares de diastereoisômeros.

Soma:

52 Uerj 2017 Dois anabolizantes comumente encontrados em casos de *doping* em atletas são o salbutamol e a terbutalina. Ao comparar suas fórmulas estruturais, identificam-se funções orgânicas comuns a ambas as moléculas. Observe:



Considere os grupamentos funcionais que estabelecem ligação direta com os carbonos alifáticos em cada molécula. Nomeie suas funções correspondentes.

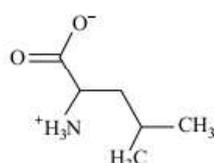
Em seguida, indique o número de átomos de carbonos terciários presentes no salbutamol e calcule o número de isômeros ópticos ativos da terbutalina.

53 Unisa 2017 A revelação de impressões digitais é uma prática fundamental na ciência forense, sendo utilizada na identificação de pessoas indiciadas em inquéritos ou acusadas em processos. Uma das técnicas utilizadas para esse fim é a da aplicação da ninidrina, uma substância que reage com aminoácidos produzindo uma coloração púrpura que evidencia as linhas presentes na impressão digital. A reação da ninidrina com aminoácidos está representada na figura.



Disponível em: <www.fcfar.unesp.br>. (Adapt.)

- Identifique as funções orgânicas presentes na molécula de ninidrina.
- Considere que a ninidrina entre em contato com a secreção de um indivíduo e que nela exista o aminoácido leucina, cuja fórmula estrutural é mostrada na figura.

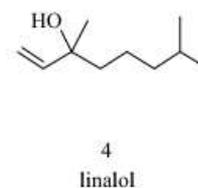
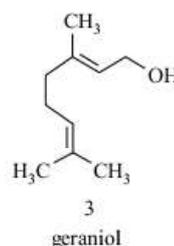
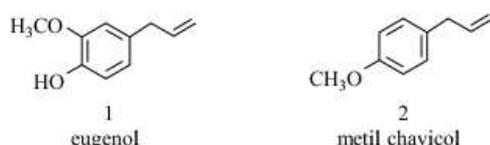


Dê o nome do composto orgânico que é formado na reação da leucina com a ninidrina, além da púrpura de Rühemann, e indique, justificando sua resposta, se ele apresenta isomeria óptica.

54 Unicid 2017 O óleo essencial de manjeriço apresenta grande potencial de aplicação como agente antimicrobiano, agente medicinal, como "flavor" em alimentos e fragrância em produtos farmacêuticos.

MAZUTTI, Márcio et al. *Química Nova*, v. 29, n. 6, 2006. (Adapt.)

As principais substâncias químicas que constituem o óleo essencial de manjeriço estão apresentadas a seguir.



Disponível em: <www.wikipedia.org>.

- Analise as fórmulas estruturais apresentadas e organize-as na tabela a seguir.

Substância	Fórmula molecular	Radicais funcionais	Isomeria geométrica

- Entre as substâncias relacionadas, escreva a fórmula estrutural daquela que apresenta isomeria óptica. Justifique sua resposta.

55 Unifesp 2017 Considere a fórmula estrutural do anestésico geral halotano (massa molar aproximada 200 g/mol).



- Escreva a fórmula molecular do halotano e calcule a porcentagem em massa de flúor nesse anestésico. Apresente os cálculos.
- O halotano deve apresentar isomeria geométrica (*cis-trans*)? E isomeria óptica? Justifique suas respostas.

Texto para a questão 56.

Doping esportivo



Os jogos olímpicos Rio 2016 foram marcados pelo impedimento da participação de boa parte da delegação russa em virtude de um escândalo de *doping*. A pedido da Agência Mundial Antidoping, foi divulgado um relatório que denunciava um "sistema de *doping* de estado" envolvendo 30 esportes na Rússia e que contava com o auxílio dos serviços secretos russos.

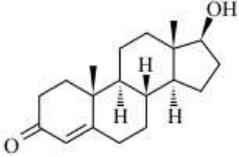
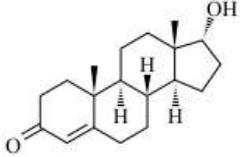
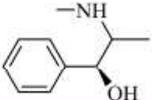
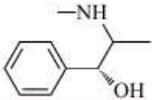
A lista de substâncias proibidas pela Agência Mundial Antidoping inclui compostos cuja presença nas amostras de urina em qualquer concentração é passível de punição, e compostos que

apenas são considerados proibidos a partir de determinada concentração na urina, como apresentado na tabela a seguir.

Substância	Classificação	Concentração-limite na urina
Efedrina	Estimulante	10 $\mu\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Pseudoefedrina	Estimulante	150 $\mu\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Norpseudoefedrina (catina)	Estimulante	5 $\mu\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Metilefedrina	Estimulante	10 $\mu\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Salbutamol	Agonista beta-2	1 $\mu\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Epitestosterona	Esteróide anabolizante	200 $\text{ng} \cdot \text{mol}^{-1}$

Muitas das substâncias proibidas são produzidas naturalmente no organismo. Como exemplos, podem ser citados hormônios como a epitestosterona (isômero da testosterona), a eritropoietina (EPO) e o hormônio de crescimento (GH). A testosterona também é usada no *doping* esportivo. Nesse caso, é aceitável que a razão entre as concentrações de testosterona e epitestosterona esteja entre 1 e 4. Razão acima de 4 é considerada *doping*.

56 Fac. Albert Einstein 2017

 <p>Testosterona</p>	 <p>Epitestosterona</p>
 <p>Efedrina</p>	 <p>Pseudoefedrina</p>

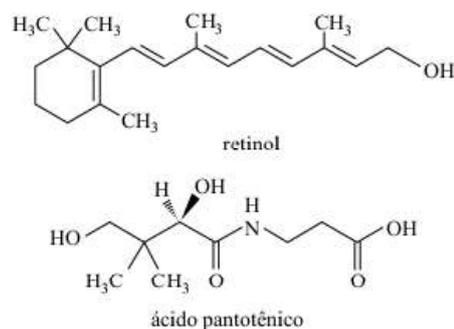
- a) A efedrina e a pseudoefedrina são isômeros. Determine a fórmula molecular da efedrina e identifique o tipo de isomeria que ocorre entre esses dois compostos. Justifique a sua resposta a partir da análise das fórmulas estruturais dessas substâncias.
- b) Identifique as funções orgânicas presentes na testosterona. Um atleta apresenta concentração de epitestosterona na urina igual a 150 $\text{ng} \cdot \text{mol}^{-1}$. Represente essa concentração em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Determine a concentração máxima de testosterona em $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ que pode ser detectada nessa mesma urina para que ele seja considerado apto a participar das competições.

Considere:

– massa molar da epitestosterona 300 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

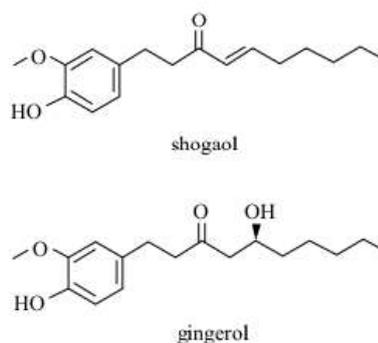
– 1 $\text{ng} = 10^{-9}$ g

57 Unesp 2016 Analise as fórmulas que representam as estruturas do retinol (vitamina A), lipossolúvel, e do ácido pantotênico (vitamina B5), hidrossolúvel.



Com base na análise das fórmulas, identifique as funções orgânicas presentes em cada vitamina e justifique por que a vitamina B5 é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel. Qual dessas vitaminas apresenta isomeria óptica? Justifique sua resposta.

58 Uerj 2016 Duas das moléculas presentes no gengibre são benéficas à saúde: shogaol e gingerol. Observe suas fórmulas estruturais:

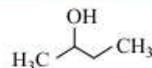
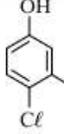
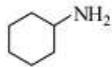


Aponte o tipo de isomeria espacial presente, respectivamente, em cada uma das estruturas.

Nomeie, ainda, as funções orgânicas correspondentes aos grupos oxigenados ligados diretamente aos núcleos aromáticos de ambas as moléculas.

Texto para a questão 59.

Analise a tabela a seguir para responder à questão.

Substância	Fórmula estrutural	Exemplo de aplicação
1		Solvente para gomas, corantes, gorduras, ceras e borrachas.
2		Solvente orgânico, usado por muito tempo como anestésico por inalação.
3		Germicida para uso externo.
4		Intermediário em síntese de fármacos.
5		Síntese de polímeros condutores.

59 USCS 2016

- a) Dentre as substâncias relacionadas na tabela, indique aquelas que possuem átomo de carbono quiral.
 b) Informe qual a característica de substâncias que apresentem átomo de carbono quiral.

60 Uema 2015 Deu no noticiário do **Bom Dia Brasil**:

"A polícia civil de São Paulo está à procura de seis mulheres suspeitas de aplicar um golpe conhecido como *boa noite, Cinderela*".

Boa noite, Cinderela refere-se a um crime que consiste em drogar uma vítima para roubá-la ou estuprá-la. As drogas que costumam ser usadas nessa prática são GHB (**ácido 4-hidroxi-butanoico**), Ketamina, rohypnol e **dorofórmio (triclorometano)**. Em comum essas drogas apresentam um efeito depressor sobre o sistema nervoso central.

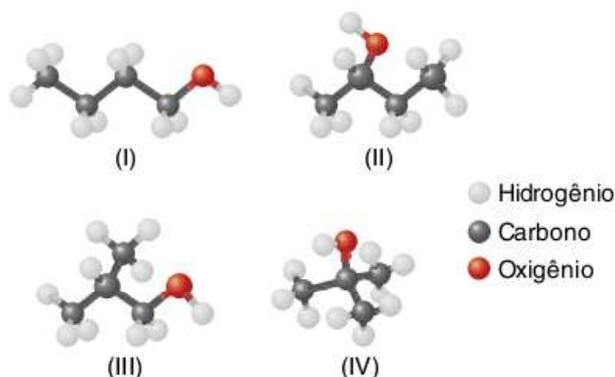
Fonte: Telejornal Bom dia Brasil. São Paulo. TV Globo, 15 set. 2014.

Para as duas substâncias destacadas em negrito, demonstre se ambas apresentam carbonos quirais. Justifique sua resposta.

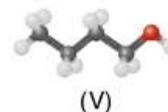
61 USCS 2015 A solubilidade de álcoois em água depende, entre outros fatores, do tamanho da cadeia carbônica. Moléculas de álcool de cadeias com maior número de carbonos tendem a ser menos solúveis, apresentando uma região hidrofóbica e outra região hidrofílica, mas o número de ramificações da cadeia influencia na solubilidade. A tabela apresenta a solubilidade de alguns álcoois em água.

Álcool	Solubilidade (g/mol g H ₂ O)
metílico	infinita
etílico	infinita
<i>n</i> -propílico	infinita
<i>n</i> -butílico	7,9
<i>sec</i> -butílico	12,5
<i>terc</i> -butílico	infinita
isobutílico	9,5

As figuras mostram as representações em esferas de quatro álcoois que apresentam quatro carbonos.

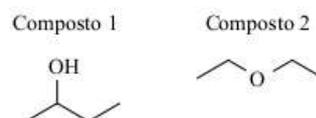


- a) Na molécula representada a seguir, circule a parte que constitui sua região hidrofóbica e indique o tipo de interação intermolecular que ocorre na região hidrofílica.



- b) Escreva o nome oficial (de acordo com a Iupac) do álcool de quatro carbonos mais solúvel e indique qual deles apresenta isômeros ópticos.

62 Unifesp 2014 Os compostos 1 e 2, representados nas figuras, são compostos orgânicos utilizados como solventes na indústria química e farmacêutica.



Na tabela, cada letra (x, y, z, w) pode representar somente o composto 1 ou o composto 2.

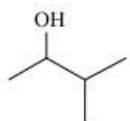
composto	pressão de vapor (20° C)
x	1,67 kPa
y	58,6 kPa
composto	solubilidade em água
z	69 g/L
w	290 g/L

- a) Identifique os compostos x, y, z e w.
 b) Que tipo de isomeria ocorre entre os compostos 1 e 2? Escreva o nome oficial do composto que apresenta atividade óptica.

63 UEL 2013 No dia 31 de janeiro de 2012, quatro pessoas morreram e dezesseis foram hospitalizadas com intoxicação após a liberação de uma massa de gás ácida em um acidente ocorrido num curtume em Bataguassu (MS). Em nota, o Corpo de Bombeiros em Mato Grosso do Sul informou que o acidente aconteceu durante o descarregamento de 10 mil litros de ácido dicloro-propiónico em um dos três tanques instalados no curtume. O ácido dicloro-propiónico ou dicloro-propanoico tem ação desinfetante e é usado no tratamento do couro e na retirada de excessos e gorduras. Esse ácido, em contato com ar ou água, pode formar o ácido clorídrico, que causa irritação e intoxicação.

- a) Escreva a fórmula estrutural do ácido propanoico (propiónico) e dos possíveis isômeros do seu derivado dicloro-propanoico.
 b) Um desses isômeros pode apresentar atividade óptica. Desenhe sua estrutura e destaque o carbono assimétrico.

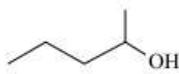
64 Unesp 2013 As fórmulas apresentadas a seguir, numeradas de 1 a 6, correspondem a substâncias de mesma fórmula molecular.



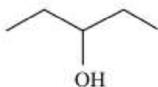
1



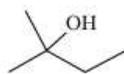
2



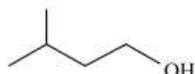
3



4



5



6

Determine a fórmula molecular dessas substâncias e escreva a fórmula estrutural completa do álcool primário que apresenta carbono assimétrico (quiral).

65 Unicamp As plantas necessitam comunicar-se com insetos e mesmo com animais superiores na polinização, frutificação e maturação. Para isso, sintetizam substâncias voláteis que os atraem. Um exemplo desse tipo de substância é o 3-penten-2-ol, encontrado em algumas variedades de manga, morango, pêssego, maçã, alho, feno e até mesmo em alguns tipos de queijo como, por exemplo, o parmesão. Alguns dos seus isômeros atuam também como feromônios de agregação de certos insetos.

- Sabendo que o pent-3-en-2-ol apresenta isomeria *cis-trans*, desenhe a fórmula estrutural da forma *trans*.
- O pent-3-en-2-ol apresenta também outro tipo de isomeria. Diga qual é, e justifique a sua resposta utilizando a fórmula estrutural.

Frente 2



4

FRENTE 2

Ácidos e bases



© SERGEY PONOMAREV | DREAMSTIME.COM

Esse lago, próximo a um vulcão em atividade, tem uma concentração altíssima de ácido sulfúrico. Neste capítulo, estudaremos esse composto, seus semelhantes químicos e seus antagonistas, as bases. A importância desses compostos é enorme para a humanidade.

Teoria de Arrhenius

A teoria de Arrhenius foi baseada em dados experimentais obtidos por este cientista, que também contribuiu com seus estudos nas definições de ácidos e bases e na cinética química. Para entendermos como Arrhenius chegou a estas importantes conclusões, é preciso imaginarmos a seguinte montagem experimental:

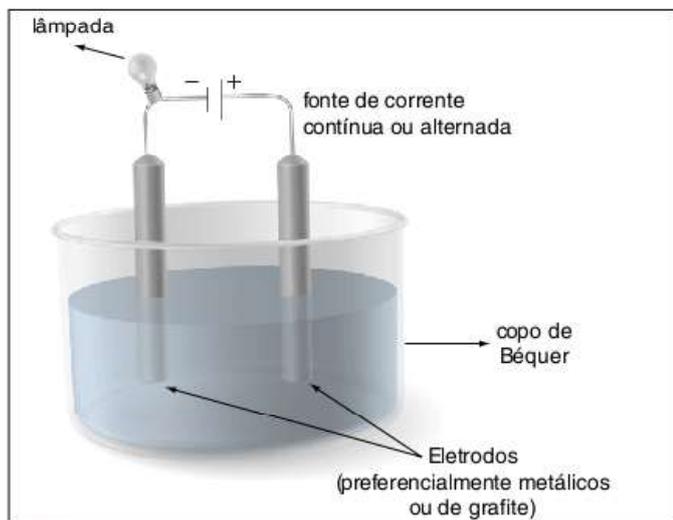


Fig. 1 Montagem experimental para verificação da Teoria de Arrhenius.

ATENÇÃO!

A fonte representada é certamente de corrente contínua, pois apresenta polos. Neste caso, o fluxo de elétrons ocorre em um único sentido, do polo positivo para o polo negativo. Na corrente alternada, o fluxo de elétrons é invertido a cada intervalo de tempo, que no Brasil é de 60 vezes por segundo. Desta maneira, não há polos fixos na corrente alternada.

É importante salientar que a lâmpada só serve para indicar se há passagem de corrente ou não. Além disso, os eletrodos são preferencialmente metálicos. Nesse caso, o ideal é serem de platina, pois são inertes e não interferem no processo.

A corrente elétrica é aquela que circula pelos fios e eletrodos metálicos, já que circulam apenas elétrons. Porém, esta mesma corrente só circulará se o circuito estiver fechado. Para isso, o sistema entre os eletrodos deve ser condutor de corrente elétrica (que permite a movimentação de elétrons) ou corrente eletrolítica (que permite a movimentação de íons).

Primeiramente, testaremos qualquer metal sólido ou líquido. Colocamo-los entre os eletrodos, com a fonte sempre ligada, e, então, a lâmpada acende. Isso indica a passagem de corrente que, neste caso, é elétrica, já que os metais possuem elétrons livres. Podemos verificar melhor este fato estudando a “Teoria da Nuvem Eletrônica”. Sempre que há elétrons livres, há condução de corrente elétrica. Veja como fica a montagem experimental na figura a seguir.

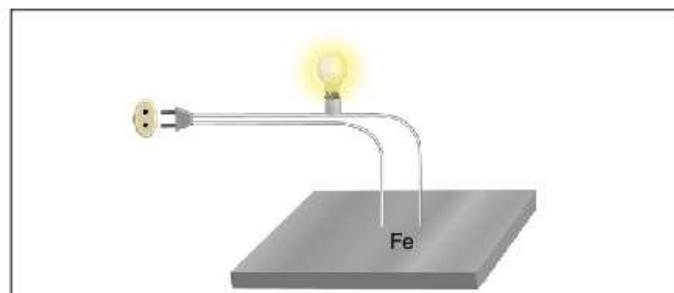


Fig. 2 Montagem experimental que verifica a condução de corrente elétrica através do metal.

Continuando as verificações experimentais, vejamos agora o que ocorre se, no lugar do ferro, por exemplo, colocarmos sal de cozinha (NaCl , cloreto de sódio) no estado sólido. Nesse caso, a lâmpada não acende, indicando que o circuito está aberto justamente entre os eletrodos. É bom lembrá-lo que, para que haja condução de corrente, é preciso ter elétrons livres ou íons livres. No caso do sal de cozinha no estado sólido, os íons existem, porém estão presos. Portanto, não há liberdade de locomoção. Para entender o porquê desse fenômeno, lembre-se de que a ligação química que ocorre entre Na e Cl (que são respectivamente metal e ametal) é do tipo iônica ou eletrovalente e, portanto, há transferência do elétron do elemento mais eletropositivo (Na) para o mais eletronegativo (Cl). Com isso, formam-se os íons Na^+ e Cl^- , que estão fortemente unidos pela ligação que se estabeleceu entre eles. Com isso, forma-se uma estrutura cristalina, mostrada na figura a seguir.

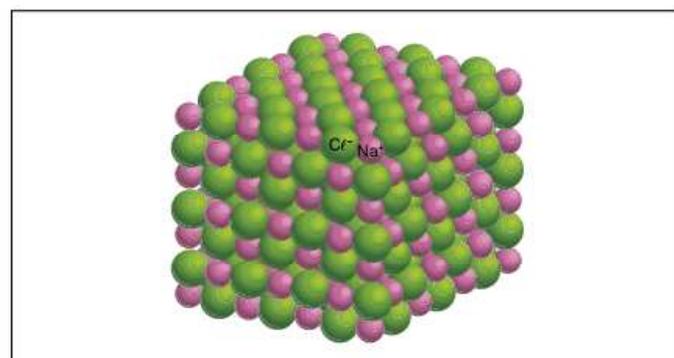


Fig. 3 Estrutura cristalina de NaCl .

Portanto, a simples existência de íons não garante a passagem de corrente. Note o resultado experimental do procedimento na figura a seguir.

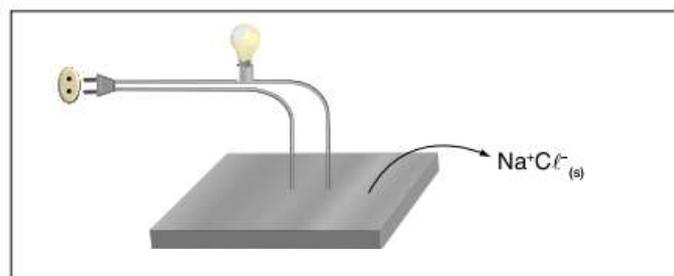


Fig. 4 Montagem experimental mostrando que os íons presos do $\text{Na}^+\text{Cl}^-_{(s)}$ não conduzem corrente.

Como já mencionamos, as ligações iônicas entre os íons Na^+ e Cl^- são muito fortes, o que explica o fato de, nas condições ambientes, ele se apresentar no estado sólido. Mas se o aquecermos, estas ligações vão se enfraquecendo, até a fusão. Quando isto ocorre (mais precisamente na temperatura de $801\text{ }^\circ\text{C}$) o sal de cozinha passa para o estado líquido. Neste estado, os íons “libertam-se” uns dos outros, e o sistema entre os eletrodos permite a lâmpada acender. Neste momento, é de se esperar que você já tivesse previsto este resultado, já que íons livres são condutores. Esta é a condução por *corrente eletrolítica*. Veja na figura a seguir.

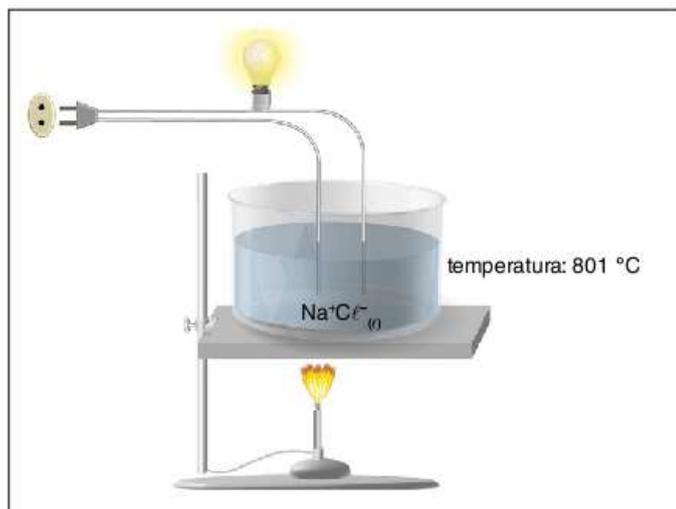
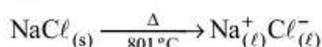


Fig. 5 Montagem experimental mostrando que os íons livres do $\text{Na}^+\text{Cl}^-_{(l)}$ conduzem corrente.

Este fenômeno de fusão com liberação de íons pode ser equacionado da seguinte forma:



Analisando o caso anterior com cuidado, percebemos que $801\text{ }^\circ\text{C}$ não é uma temperatura fácil de se atingir. Será que é possível liberar os íons de substâncias iônicas sem passá-las para o estado líquido? A resposta é sim. Para tanto, basta adicionar esta substância iônica à água. O fenômeno que segue a partir de então é a quebra das ligações iônicas entre cátions e ânions, para formação de novas ligações entre cátions e ânions com a água. Esquemáticamente, temos:

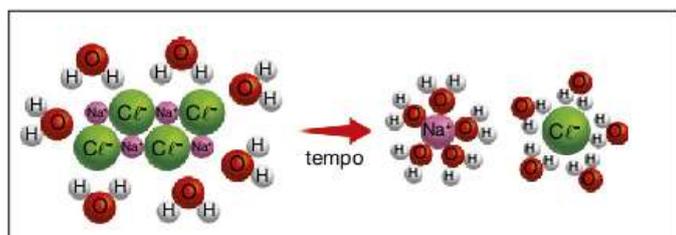
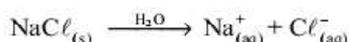


Fig. 6 Separação dos íons $\text{Na}^+\text{Cl}^-_{(l)}$ quando colocados em água.

Este fenômeno que analisamos pode ser equacionado da seguinte forma:



Ao que ocorreu damos o nome de **dissociação**.

ATENÇÃO!

Dissociação iônica é o fenômeno pelo qual íons presos tornam-se íons livres e portanto condutores de corrente.

Note ainda que o oxigênio da água, que possui δ^- (efeito indutivo negativo), liga-se facilmente ao íon positivo, enquanto o hidrogênio da água, que possui δ^+ (efeito indutivo positivo), liga-se facilmente ao íon negativo.

As soluções iônicas que passam pelo processo de dissociação, quando da adição de uma substância iônica, são chamadas de soluções eletrolíticas.

A montagem experimental é mostrada a seguir.

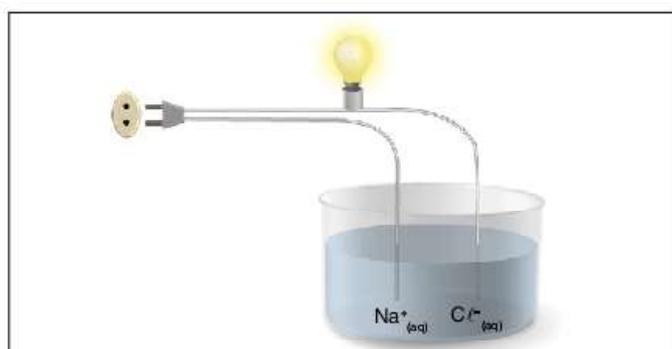


Fig. 7 Montagem experimental mostrando que a água libera os íons presos de uma substância iônica, pelo processo da dissociação.

Tomando outra substância, como o açúcar comum ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, sacarose), e procedendo da mesma forma que na experiência anterior, vemos que este tipo de composto é incapaz de conduzir corrente mesmo em água ou fundido. Isso ocorre porque na molécula de sacarose só existem ligações entre C e H, O e H e C e O, que são ligações predominantemente covalentes. Tal fato significa que não há íons, como no caso do Na^+Cl^- . Com a inexistência de íons, não há condução de corrente. Veja:



Fig. 8 Montagem experimental mostrando que o açúcar comum não conduz corrente.

Com vista a tudo o que foi exposto, é comum que você intua que substâncias iônicas dissolvidas em água conduzam corrente e as covalentes não. Todavia, isto não é verdade absoluta, já que existe um tipo muito especial de substâncias moleculares (formadas por ligações covalentes) que, quando em solução aquosa, são capazes de conduzir corrente. São chamadas de ácidos.

Façamos agora a mesma análise experimental para o ácido muriático (HCl , ácido clorídrico). Em condições ambiente, ele é gasoso, mas mesmo que fosse líquido seria incapaz de conduzir corrente, já que não possui íons. Porém, quando o dissolvemos em água, ele sofre uma reação química muito diferente da dissociação, chamada de **ionização**. Veja o fenômeno no esquema a seguir.

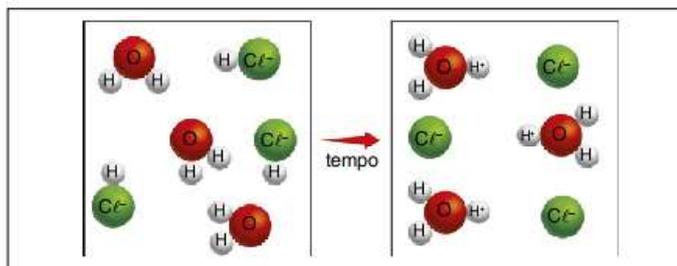
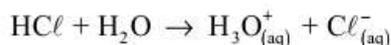


Fig. 9 Esquema mostrando o processo de ionização do HCl .

O fenômeno descrito pode ser equacionado da seguinte forma:



É importante salientar que é justamente a presença de íons livres que garante a condução de corrente. Note que, na ionização, os íons não existiam e formaram-se por uma reação química, o que é bem distinto do processo de dissociação.

ATENÇÃO!

Não confunda dissociação com ionização!

A montagem que comprova estes resultados é mostrada a seguir.

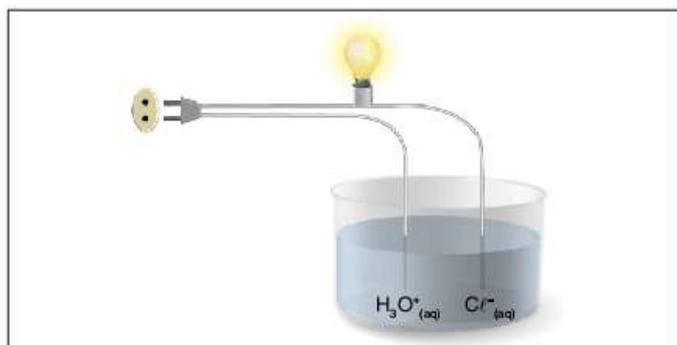


Fig. 10 Montagem experimental mostrando o HCl ionizado, produzindo íons livres, que conduzem corrente.

ATENÇÃO!

Conduzem corrente:

- 1º. Metais no estado sólido ou líquido.
- 2º. Substâncias iônicas em solução aquosa ou fundidas.
- 3º. Ácidos em solução aquosa.

Não conduzem corrente:

- 1º. Gases em condições ambiente.
- 2º. Substâncias iônicas no estado sólido.
- 3º. Ácidos puros.
- 4º. Demais substâncias covalentes.

Funções químicas

Sempre houve, no ser humano, uma necessidade de classificar coisas, dos mais variados tipos. Esse tipo de procedimento, embora trabalhoso, tem-se tomado benéfico para o desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade, já que sistematiza e facilita o estudo e o entendimento de certos assuntos. Na química, um dos melhores exemplos desta necessidade foi alocar todos os elementos químicos em uma tabela, com o cuidado de inserir elementos com propriedades químicas semelhantes nas mesmas colunas. Porém, este não é o único exemplo.

Apesar de as substâncias químicas possuírem propriedades específicas como temperatura de fusão, temperatura de ebulição e densidade (já vistos no capítulo 1 desta frente), que designam inequivocamente de qual substância se trata, existem também propriedades mais gerais, que podem ser semelhantes a um grupo de substâncias. Por exemplo: suco de limão, suco de laranja, vinagre, tomate, Coca-Cola, maçã verde entre outras são misturas que contêm sabor azedo. Já bananas verdes e caquis possuem sabor que amarra a língua, chamado de sabor adstringente. Estas características são comuns a um grupo de substâncias. Com isso, não seria difícil distribuí-las pelo sabor.

Mas quando analisamos outras propriedades que não o sabor, percebemos também que essas substâncias estariam distribuídas praticamente nos mesmos grupos.

Observação: Ao conjunto de substâncias com propriedades químicas gerais semelhantes damos o nome de função química.

ATENÇÃO!

Na Química inorgânica, são quatro as principais funções a serem estudadas:

- Ácidos
- Bases ou Hidróxidos
- Sais
- Óxidos

Isso não significa que não haja outras funções menores, como hidretos, carbeto etc. Além disso, na Química orgânica existem, pelo menos, 15 funções químicas de grande importância. Neste capítulo, serão estudados os ácidos e as bases e, no capítulo seguinte, as demais funções inorgânicas.

Entretanto, existe uma importantíssima propriedade geral de cada um desses grupos de substâncias, que é a de colorir, da mesma forma, uma outra substância.

Observação: Substâncias que adquirem determinada coloração ante um ácido ou uma base são chamadas de indicadores ácido-base.

Existe um grande número de indicadores ácido-base, uns bastante precisos (costumam ser os indicadores laboratoriais) e outros nem tanto (são os indicadores caseiros).

ATENÇÃO!

Os indicadores mais utilizados em laboratório são:

- Tornassol.
- Alaranjado de metila (metil orange).
- Azul de Bromotimol.
- Fenolftaleína.

O tornassol é um líquido que vem embebido em tiras de papel. Em meio ácido, adquire coloração vermelha e, em meio básico, adquire coloração azul. O papel de tornassol é comercialmente vendido nas duas cores.

Através da seguinte tabela, verifique a cor dos indicadores laboratoriais em cada meio.

Indicadores	Ácido	Básico
Tornassol	vermelho	azul
Alaranjado de metila	vermelho	amarelo
Azul de bromotimol	amarelo	azul
Fenolftaleína	incolor	rosa

Tab. 1 Cores características apresentadas por indicadores ácido-base em diferentes meios.

É importante salientar que, quando um meio não é ácido nem básico (chamado de meio neutro), o indicador adquire a coloração intermediária entre as cores de seus extremos. Nesse caso:

	Meio neutro
Tornassol	roxo claro
Alaranjado de metila	laranja
Azul de bromotimol	verde
Fenolftaleína	rosa claro

Tab. 2 Cores características apresentadas por indicadores ácido-base em meios neutros.

Porém, existem vários indicadores caseiros como pétalas de algumas flores (como rosas, por exemplo), extrato de repolho roxo e até mesmo vinho tinto.

No caso das pétalas de flores, sua coloração é capaz de indicar se o tipo de solo onde elas estão plantadas é ácido ou básico, porém isso varia de solo para solo.

No caso do extrato de repolho roxo, este fica vermelho em meio ácido e verde em meio básico. Para o vinho tinto, a cor em meio ácido também é vermelha, mas em meio básico é azul. Você também pode tentar, em sua casa, descobrir outros indicadores naturais, utilizando o vinagre como meio ácido e o Veja Multiuso ou um desentupidor de ralo como meio básico.

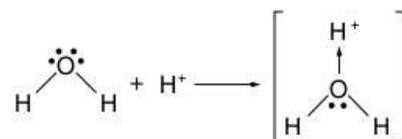
Ácidos

Definição segundo Arrhenius

Ácidos são compostos moleculares que, em solução aquosa, ionizam-se, liberando o cátion H^+ para a formação do íon hidrônio ou hidroxônio (H_3O^+).

A definição de Arrhenius para ácidos e bases não é a única que existe. Posteriormente, também analisaremos as definições de Brønsted-Lowry e de Lewis.

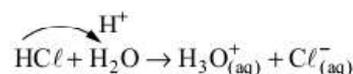
Na definição apresentada agora, há menção a um íon que até este momento não havia sido analisado. É o íon hidrônio (também chamado de hidroxônio) de fórmula H_3O^+ . Ele é formado devido ao fato de o H^+ liberado pelo ácido fazer uma ligação covalente dativa com a água, da seguinte forma:



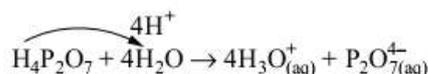
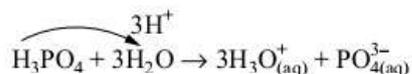
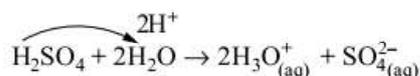
Porém, muitos autores desprezam esta reação e se limitam a mencionar apenas a existência do H^+ .

Através da definição de Arrhenius, podemos equacionar as reações de ionização total e parcial do ácidos.

Ionizações totais

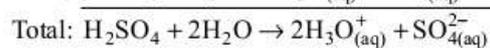
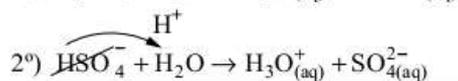
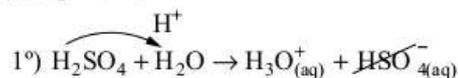


Note que, para cada H^+ liberado, é preciso uma molécula de água para formar um hidrônio (H_3O^+). Como o HCl perdeu um hidrogênio sem o seu elétron, sobrou um cloro com um elétron a mais (Cl^-).

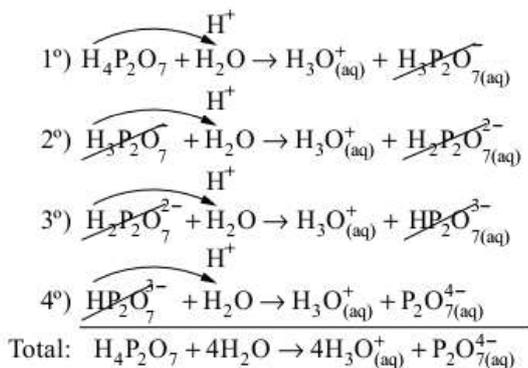
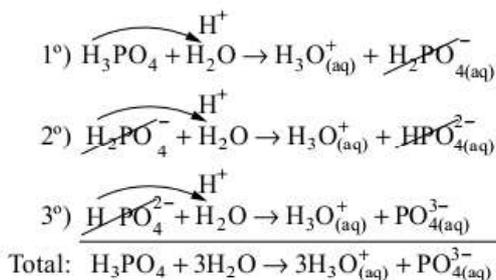


No caso das ionizações parciais, um hidrogênio será ionizado em cada etapa.

Ionizações parciais



Como você pôde observar, a soma de todas as ionizações parciais deve resultar na ionização total. Além disso, a 1ª ionização de um ácido é sempre mais fácil do que a 2ª, que por sua vez é mais fácil que a 3ª e assim por diante. Isso ocorre porque, a cada H^+ que se retira de um ácido, vai ficando cada vez mais difícil para ionizar o H^+ seguinte.



Classificação

Quanto à presença de oxigênio

- Hidrácidos: ácidos que não possuem o oxigênio.
– HCl, HBr, HI, H₂S, HCN, ...
- Oxiácidos: ácidos que possuem o oxigênio.
– HNO₃, H₂SO₄, H₃PO₄, HClO₄, H₃BO₃, ...

Quanto à volatilidade

Podemos definir volatilidade como a capacidade que uma substância tem de evaporar. As substâncias mais voláteis são, portanto, aquelas que possuem maior pressão máxima de vapor e menor temperatura de ebulição. A grande maioria dos ácidos inorgânicos são voláteis e alguns chegam a ser gasosos em temperatura e pressão ambientes. Existem ácidos líquidos voláteis e outros fixos (que possuem baixa pressão máxima de vapor e alta temperatura de ebulição). A seguir, uma pequena lista de volatilidade dos ácidos mais importantes:

Voláteis

São os ácidos que possuem baixa temperatura de ebulição.

- Gasosos (P = 1 atm e t = 25 °C):
HF, HCl, HBr, HI, HCN, H₂S.
- Líquidos: (P = 1 atm e t = 25 °C):
CH₃COOH, HNO₃.

Fixos

São os ácidos que possuem alta temperatura de ebulição.

- Líquidos (P = 1 atm e t = 25 °C):
H₂SO₄ (T.E = 338 °C).
- Sólidos: H₃PO₄ (T.F = 42 °C), H₃BO₃, C₂H₂O₄.

Quanto ao número de hidrogênios ionizáveis (H⁺)

Hidrogênios ionizáveis (H⁺) são aqueles que sofrem ionização, segundo a definição de ácidos, de Arrhenius, para formarem, com a água, os íons hidrônio ou hidroxônio (H₃O⁺). Na grande maioria das vezes, todos os hidrogênios de um ácido são ionizáveis, mas há algumas exceções importantes, que só podem ser visualizadas a partir das fórmulas estruturais dos ácidos. Para os hidrácidos e oxiácidos, há regras práticas diferentes do que é ou não um hidrogênio ionizável. Veja:

- nos hidrácidos*, todos os hidrogênios são ionizáveis.
- nos oxiácidos*, são ionizáveis apenas os átomos de hidrogênio ligados aos de oxigênio. Isso ocorre na maioria das vezes, mas nem sempre. Para visualizar caso a caso, é preciso montar a fórmula estrutural dos ácidos.

Para isso, vão aqui algumas regras práticas.

Regra 1:

Escreva o elemento químico central do ácido, que na fórmula molecular vem escrito entre o hidrogênio e o oxigênio.

- HClO₄ (elemento central: Cl)
- H₂SO₄ (elemento central: S)
- H₃PO₄ (elemento central: P)
- H₂CO₃ (elemento central: C)
- H₃BO₃ (elemento central: B)

Regra 2:

Verifique a que família da tabela periódica pertence o elemento químico central e, a partir dos conhecimentos de ligações químicas, verifique quantas e quais ligações serão realizadas.

Família	4A	5A	6A	7A
Covalente normal	4	3	2	1
Covalente dativa (não obrigatória)	0	1	2	3

Tab. 3 Ligações realizadas conforme a família do átomo central.

Regra 3:

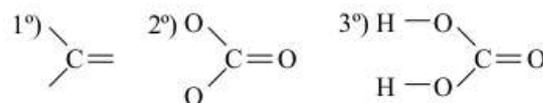
Complete as ligações com oxigênios.

Regra 4:

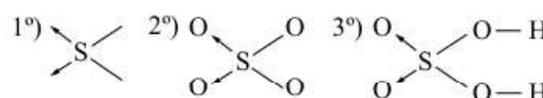
Os oxigênios que recebem ligações do tipo covalente dativa estão “satisfeitos”; portanto não precisam de mais ligações. Já os oxigênios que recebem ligações covalentes normais precisam de mais uma ligação, que será realizada com o hidrogênio.

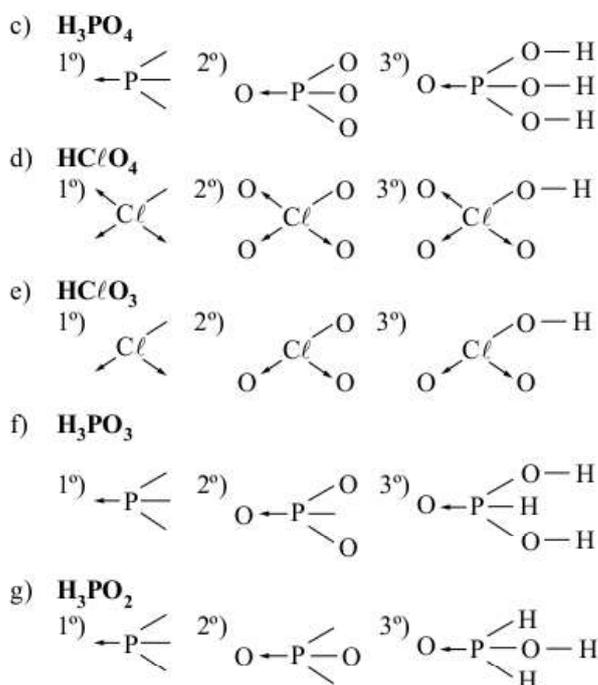
Vejam como atuar nestes casos através dos exemplos a seguir.

a) H₂CO₃



b) H₂SO₄





Observe que apenas nos exemplos “f” e “g” alguns dos hidrogênios não são ionizáveis, pois não estão ligados diretamente ao átomo de oxigênio.

Com isso, podemos proceder à classificação dos ácidos quanto ao número de hidrogênios ionizáveis.

- Monoácidos: que possuem 1H^+ .
 HCl , HBr , HI , HNO_3 , HNO_2 , H_3PO_3
- Diácidos: ácidos que possuem 2H^+ .
 H_2SO_4 , H_2SO_3 , H_2S , H_3PO_4
- Triácidos: ácidos que possuem 3H^+ .
 H_3BO_3 , H_3PO_4 .
- Tetrácidos: ácidos que possuem 4H^+ .
 $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, $\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$.

Quanto à força

A primeira preocupação que o aluno deve ter neste item é jamais confundir força com periculosidade. A maioria das pessoas entende que um ácido forte deva ser extremamente corrosivo, reativo e tóxico, mas isso nem sempre é verdade. Afinal, o ácido mais fraco de toda a química, o ácido cianídrico (HCN), é também o mais tóxico. A força está relacionada à capacidade de ionização do ácido, ou seja, à porcentagem com que este obedece à definição de Arrhenius. É que apesar de o ácido ionizar-se (e todo o ácido faz isso, senão não seria classificado como tal), ele nunca o faz 100% em condições padrão. Imaginemos, por exemplo, o ácido clorídrico (HCl) em água:

De cada 100 moléculas dissolvidas em água, 92 moléculas se ionizam. Como a porcentagem de ionização é alta, diz-se que o HCl é um ácido forte.

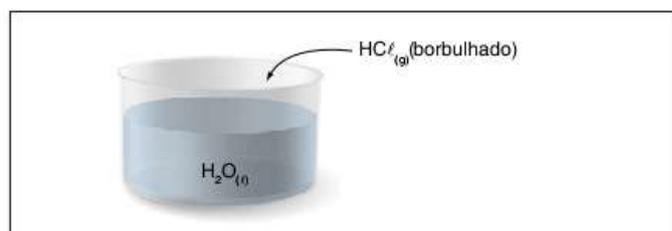


Fig. 11 Verificação da força de um ácido.

Assim, podemos definir uma grandeza chamada de grau de ionização (α), que é o número de moléculas ionizadas a cada 100 colocadas em água. Portanto:

$$\alpha = \frac{\text{número de moléculas ionizadas}}{\text{número total de moléculas}} \cdot 100\%$$

Cada ácido possui um valor de α , que é uma propriedade específica de cada uma dessas substâncias. Esses valores não precisam ser memorizados, mas é bom que se tenha uma noção de que os mesmos podem apresentar-se em toda a faixa de 0 a 100%. Veja:

- $\alpha_{\text{HClO}_4} = 97\%$
- $\alpha_{\text{HCl}} = 92\%$
- $\alpha_{\text{HNO}_3} = 92\%$
- $\alpha_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 61\%$
- $\alpha_{\text{H}_3\text{PO}_4} = 28\%$
- $\alpha_{\text{HF}} = 9\%$
- $\alpha_{\text{HCN}} = 0,008\%$

Contudo, mesmo sem memorizar os valores de α , alguns vestibulares costumam pedir a classificação dos ácidos quanto à força, e você deve saber como proceder. Para tal, valem algumas regras práticas:

Para os hidrácidos:

Fortes: HCl , HBr , HI .

Semifortes ou moderados: HF .

Fracos: todos os demais hidrácidos.

Para os hidrácidos, em que o ânion é um halogênio, a força dos ácidos cresce da seguinte maneira:



Isso ocorre porque o flúor é o elemento mais eletronegativo de todos, o que fortalece a ligação $\text{H}-\text{F}$, fazendo com que a ruptura desta ligação seja extremamente dificultada. Devido a isso, apenas poucos hidrogênios do HF podem se ionizar. Já no caso do ácido formado pelo iodo (I), é bom lembrar que, dentre estes elementos, ele é o menos eletronegativo, e, portanto, faz com o hidrogênio a ligação mais fraca e mais facilmente rompível. Isso torna este ácido mais forte que os demais.

Para os oxiácidos: existe uma regra prática e facilmente memorizável.

Passo 1:

Calcula-se um número x , dado por:

$$x = \text{número de O} - \text{número de H}^+$$

Passo 2:

$$x = \begin{cases} 3, & \text{o ácido é muito forte.} \\ 2, & \text{o ácido é forte.} \\ 1, & \text{o ácido é semiforte ou moderado.} \\ 0, & \text{o ácido é fraco.} \end{cases}$$

Aplicando a regra, temos:

- a) HBrO_4 ($x = 4 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido muito forte.
- b) HClO_4 ($x = 4 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido muito forte.
- c) H_2SO_4 ($x = 4 - 2 \Rightarrow x = 2$): ácido forte.
- d) HNO_3 ($x = 3 - 1 \Rightarrow x = 2$): ácido forte.
- e) H_3PO_4 ($x = 4 - 3 \Rightarrow x = 1$): ácido semiforte ou moderado.
- f) HClO_2 ($x = 2 - 1 \Rightarrow x = 1$): ácido semiforte ou moderado.
- g) H_3BO_3 ($x = 3 - 3 \Rightarrow x = 0$): ácido fraco.
- h) HClO ($x = 1 - 1 \Rightarrow x = 0$): ácido fraco.

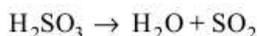
Como se pode observar, a regra é prática e funciona bem. Porém, não funciona sempre. Existem dois casos excepcionais, a saber:

- H_2CO_3 ($x = 3 - 2 \Rightarrow x = 1$): *ácido fraco*.
O ácido carbônico (H_2CO_3) é um composto extremamente instável e, por isso, sofre uma reação de decomposição dada pela seguinte equação:



Com essa reação, o ácido “prefere” transformar-se, em água e gás carbônico, a ionizar-se e, portanto, o ácido é fraco.

- H_2SO_3 ($x = 3 - 2 \Rightarrow x = 1$): *ácido fraco*.
Ocorre com este composto exatamente o mesmo que ocorre com o anterior. A sua reação de decomposição é mostrada a seguir:



Mas agora vem a pergunta: ionizar-se muito e ser um ácido forte vale até qual valor de α ? A resposta é:

$$\begin{cases} \alpha \geq 50\%: & \text{ácido forte.} \\ 5\% \leq \alpha < 50\%: & \text{ácido semiforte ou moderado.} \\ \alpha < 5\%: & \text{ácido fraco.} \end{cases}$$

Nomenclatura

A nomenclatura dos ácidos possui regras bem-definidas, a saber:

- *Para os hidrácidos:*

ácido + nome do elemento ou radical + ídrico

- HF: ácido fluorídrico
- HCl: ácido clorídrico
- HBr: ácido bromídrico
- HI: ácido iodídrico
- H_2S : ácido sulfídrico (o nome do enxofre em latim é sulfúrio)
- HCN: ácido cianídrico (o nome do radical CN^- é cianeto)

- *Para os oxiaácidos:*

Neste caso, a regra apresenta algumas subdivisões:
– *Famílias 3A, 4A, 5A, 6A:*

$$\text{ácido} + \text{nome do elemento} + \begin{cases} \text{ico} \\ \text{oso} \\ \text{hipo ... oso} \end{cases}$$

A escolha do sufixo e eventual colocação do prefixo é a parte mais importante do problema. Para resolvê-lo, é preciso calcular o nox do elemento químico central e compará-lo com o número da família deste elemento. Porém, o cálculo do nox é objeto de estudo de capítulos futuros. Por agora, para calculá-lo no caso dos ácidos, basta duplicar o número de oxigênios e subtrair o número de hidrogênios, como mostra a fórmula a seguir:

$$\text{Nox} = 2 \cdot (\text{número de O}) - \text{número de H}$$

Se o nox do elemento químico central coincidir com o número de sua família na Tabela Periódica, a terminação será *-ico*. Se o nox for duas unidades menor, será *-oso*. Se for quatro unidades menor será também *oso*, mas acompanhado do prefixo *hipo*, que significa abaixo.

Com isso, vamos dar nomes aos seguintes ácidos:

- H_3BO_3 ($x = 2.3 - 3 \Rightarrow x = 3$; B = 3A): ácido bórico.
- H_2CO_3 ($x = 2.3 - 2 \Rightarrow x = 4$; C = 4A): ácido carbônico.
- H_2SO_4 ($x = 2.4 - 2 \Rightarrow x = 6$; S = 6A): ácido sulfúrico.
- H_2SO_3 ($x = 2.3 - 2 \Rightarrow x = 4$; S = 6A): ácido sulfuroso.
- HNO_3 ($x = 2.3 - 1 \Rightarrow x = 5$; N = 5A): ácido nítrico.
- HNO_2 ($x = 2.2 - 1 \Rightarrow x = 3$; N = 5A): ácido nitroso.
- H_3PO_4 ($x = 2.4 - 3 \Rightarrow x = 5$; P = 5A): ácido fosfórico.
- H_3PO_3 ($x = 2.3 - 3 \Rightarrow x = 3$; P = 5A): ácido fosforoso.
- H_3PO_2 ($x = 2.2 - 3 \Rightarrow x = 1$; P = 5A): ácido hipofosforoso.

(o valor de x representa o nox do elemento central)

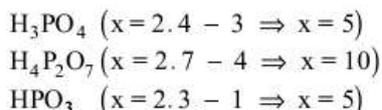
– *Família 7A:*

$$\text{ácido} + \text{nome do elemento} + \begin{cases} \text{per ... ico (nox = 7+)} \\ \text{ico (nox = 5+)} \\ \text{oso (nox = 3+)} \\ \text{hipo ... oso (nox = 1+)} \end{cases}$$

No caso da família 7A, os elementos podem apresentar 4 nox diferentes, e por isso a necessidade de um novo prefixo: *per*. Sua origem pode ser facilmente explicável: quando queremos nos referir a abaixo de *oso* utilizamos o prefixo *hipo*. Logo, parece lógico que quando queremos nos referir a acima de *ico* utilizamos o prefixo hiper. Contudo, por uma questão de eufonia, utilizamos somente *per*, omitindo o hi.

$HClO_4$ ($x = 2 \cdot 4 - 1 \Rightarrow x = 7$): ácido perclórico.
 $HClO_3$ ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$): ácido clórico.
 $HClO_2$ ($x = 2 \cdot 2 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido cloroso.
 $HClO$ ($x = 2 \cdot 1 - 1 \Rightarrow x = 1$): ácido hipocloroso.
 HIO_4 ($x = 2 \cdot 4 - 1 \Rightarrow x = 7$): ácido periódico.
 HIO_3 ($x = 2 \cdot 3 - 1 \Rightarrow x = 5$): ácido iódico.
 HIO_2 ($x = 2 \cdot 2 - 1 \Rightarrow x = 3$): ácido iodoso.
 HIO ($x = 2 \cdot 1 - 1 \Rightarrow x = 1$): ácido hipoiódico.

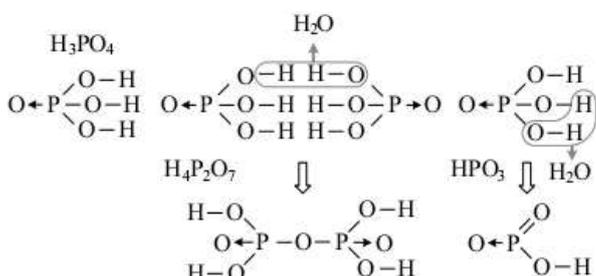
Há também o caso a seguir.



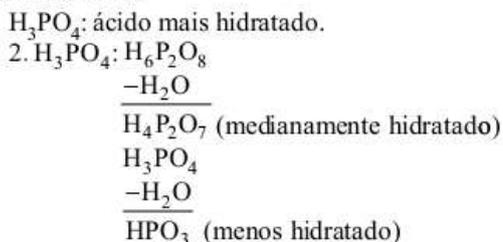
Observação: Como temos $2P_{10}H_4P_2O_7$, cada P apresenta $x = 5$.

Neste caso, o fósforo é elemento da família 5A da Tabela Periódica, e todos os nox relativos a ele são 5+.

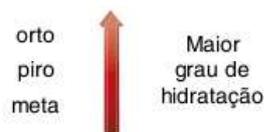
Pela lógica, os três ácidos são fosfóricos. Todavia, como são ácidos diferentes, devem possuir nomes diferentes. E a principal diferença entre estes ácidos é a quantidade de água contida em cada um deles, ou seja, estes compostos possuem diferentes graus de hidratação. Veja:



O 1º ácido é o mais hidratado. O 2º ácido é medianamente hidratado, já que foi retirada uma molécula de água de dois ácidos mais hidratados. O 3º ácido é o menos hidratado, pois foi retirada a mesma quantidade de uma molécula de água de apenas um ácido mais hidratado. É possível perceber isto de uma outra forma:



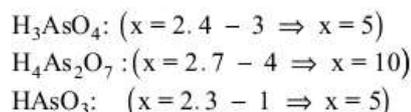
Para diferenciar estes graus de hidratação, utiliza-se a seguinte regra:



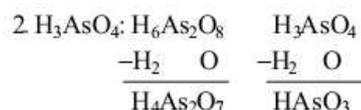
Portanto:

H_3PO_4 : ácido (orto) fosfórico (o prefixo orto pode ser omitido)
 $H_4P_2O_7$: ácido pirofosfórico
 HPO_3 : ácido metafosfórico

O mesmo ocorre para o elemento arsênio (As):

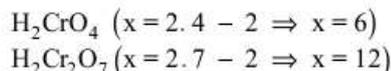


Observação: Para cada arsênio o nox é de 5+.

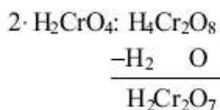


Logo: H_3AsO_4 – ácido (orto) arsênico
 $H_4As_2O_7$ – ácido piroarsênico
 $HAsO_3$: ácido metarsênico.

Isto também é aplicável ao elemento cromo (Cr):



Observação: Cada cromo tem nox 6+.



Logo: H_2CrO_4 : ácido (orto) crômico
 $H_2Cr_2O_7$: ácido pirocrômico (chamado comumente de dicrômico)

Neste caso, não existe o ácido metacrômico, já que no lugar dele, há a formação de um óxido (leia mais sobre óxidos no próximo capítulo desta mesma frente).

Ainda, como casos especiais, podemos citar quatro outros ácidos:

$HMnO_4$ – ácido permangânico
 H_2MnO_4 – ácido mangânico
 * CH_3COOH – ácido acético
 * $C_2H_2O_4$ – ácido oxálico
 *Estes últimos serão vistos com maiores detalhes na química orgânica.

Características dos principais ácidos:

Observe a tabela ilustrativa com os principais ácidos da química.

Fórmula	Nome	Principais utilizações
HF	Ácido fluorídrico	É o único ácido que reage com vidro e por isso deve ser guardado em frascos de plástico. Devido a sua interessante reatividade, serve para fazer gravações em vidro. Reage com sílica (SiO ₂) produzindo SiF _{4(g)} .
HCl	Ácido clorídrico (ácido muriático)	É um dos ácidos mais importantes da química e possui inúmeras utilizações. É o ácido que auxilia na digestão estomacal, na limpeza de objetos metálicos, na limpeza de calçadas e pisos mais resistentes.
HCN	Ácido cianídrico (gás da morte)	Descoberto por Carl Wilhelm Scheele, vitimou quase que imediatamente seu descobridor. É um ácido que pode matar um ser humano em até 8 s de exposição. Faz parte dos fatos mais macabros da humanidade, como o Holocausto (câmaras de gás) e o suicídio coletivo incitado pelo pastor Jim Jones, em que morreram mais de 900 pessoas. Mata por asfixia e possui cheiro de xampu de amêndoas. Matéria-prima de venenos à base de cianureto.
H ₂ S	Ácido sulfídrico	Substância tóxica de odor nauseante e irritante, é o cheiro exalado por alimentos que apodrecem, como ovos, repolhos, cebola e alho. É vendido comercialmente como fio químico ou "pum de velha", exalando cheiro terrível, brincadeira de gosto duvidoso.
H ₃ BO ₃	Ácido bórico	Durante muitos anos foi utilizado como rejuvenescedor de pele. Estudos recentes, entretanto, mostram ser uma substância tóxica e pode ser letal se utilizada em médio e longo prazo. Hoje, sabe-se que os benefícios à pele são mínimos.
H ₂ CO ₃	Ácido carbônico	Ácido extremamente instável, só pode ser encontrado associado à água. É utilizado em refrigerantes (para gaseificá-los) e é o principal componente da chuva ácida natural, pela dissolução do gás carbônico (CO ₂) em água (H ₂ O).
HNO ₃	Ácido nítrico	Fortíssimo agente oxidante, capaz de oxidar metais como Cu e Ag. Associado ao HCl, em proporções adequadas, é chamado de água-régia e oxida até o Au. Matéria-prima na confecção de explosivos de alto desempenho, como TNT e Nitroglicerina. Componente das chuvas ácidas. Composto extremamente tóxico e agressivo. Líquido bastante volátil.
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico	É o composto industrial mais produzido do mundo. Mais da metade de sua produção é utilizada para fazer os atuais superfertilizantes. Também é muito utilizado na produção de detergentes e seus derivados, corantes, tintas etc. É um líquido extremamente fixo que, quando puro, tem fortíssima ação desidratante. À medida que vai ficando mais diluído em água, a característica ácida vai se acentuando e a característica desidratante vai diminuindo.
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico	É um ácido sólido (T.F = 42 °C), e importante como adubo na forma de fosfatos. Além disso, é um ótimo estabilizante de alimentos e bebidas como refrigerantes.
CH ₃ COOH	Ácido etanoico (ácido acético)	Composto volátil e orgânico, misturado à água, possui um sabor acentuadamente azedo e é chamado comercialmente de vinagre, oriundo do azedamento do vinho.
C ₂ H ₂ O ₄	Ácido oxálico	Ácido sólido, componente ativo em antimicóticos e remédios para acne como Minâncora e Acnase.

Tab. 4 Descrição dos principais ácidos.

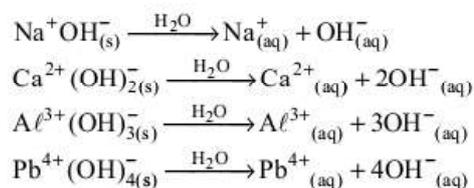
Bases ou hidróxidos

Definição segundo Arrhenius

ATENÇÃO!

São compostos iônicos que, em solução aquosa, dissociam-se, liberando o ânion hidroxila ou oxidrila (OH⁻).

Através da dissociação iônica das bases, é possível visualizar melhor esta definição. Veja alguns exemplos:



Como as soluções básicas têm íons livres, são soluções eletrolíticas.

Classificação

Quanto ao número de hidroxilas (OH⁻)

No caso das bases, todas as hidroxilas são dissociáveis, o que elimina o incômodo problema das exceções, como ocorria no caso dos ácidos. Veja:

- Monobases: bases com 1OH⁻.
NaOH, KOH, LiOH.
- Dibases: bases com 2OH⁻.
Mg(OH)₂, Ca(OH)₂, Ba(OH)₂.
- Tribases: bases com 3OH⁻.
Al(OH)₃, Bi(OH)₃, Fe(OH)₃.
- Tetrabases: bases com 4OH⁻.
Pb(OH)₄, Sn(OH)₄.

Quanto à solubilidade em água

As bases podem ser:

- Solúveis: bases da família 1A e NH₄OH.
- Parcialmente solúveis: bases da família 2A (exceto o Mg(OH)₂, que é praticamente insolúvel em água).
- Praticamente insolúveis: todas as demais.

Quanto à força

Assim como no caso dos ácidos, a força das bases também não está associada à sua periculosidade, e sim à sua capacidade de dissociação, que pode ser medida por:

$$\alpha = \frac{\text{número de espécies dissociadas}}{\text{número total de espécies}}$$

As bases podem ser:

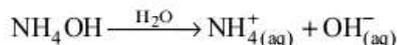
- Fortes: ($\alpha \approx 100\%$) bases das famílias 1A e 2A (exceto o Mg(OH)₂, que é uma base fraca).
- Fracas: ($\alpha \approx 0\%$) todas as demais bases (inclusive o NH₄OH).

ATENÇÃO!

Muitos autores e vestibulares se equivocam nesta classificação. Na realidade, força e solubilidade em água são fenômenos distintos e independentes. Quando temos $C(OH)_{y(s)} \xrightarrow{H_2O} C(OH)_{y(aq)}$, a base é solúvel em água.

Quando temos $C(OH)_{y(aq)} \rightarrow C^{y+}_{(aq)} + yOH^{-}_{(aq)}$, a base é forte, porque o que solubilizou, dissociou. Neste caso, Mg(OH)₂ é uma base forte, mas pouco solúvel. Todavia, a maioria dos vestibulares considera a força das bases considerando o fenômeno $C(OH)_{y(s)} \xrightarrow{H_2O} C^{y+} + OH^{-}_{(aq)}$. Com isso, toda base insolúvel torna-se também fraca. Porém, fraca é a base em que o que dissolve dissocia-se mal. Todavia, como a maioria dos exames comete este equívoco, consideremos o Mg(OH)₂ como base fraca.

Note que o NH₄OH é a única base solúvel em água, e é fraca. Além disso, é a única base molecular e, portanto, ioniza-se e não dissocia-se através da equação:



Nomenclatura

A regra é simples:

Hidróxido de + nome do elemento

Veja alguns exemplos:

LiOH – Hidróxido de lítio.

NaOH – Hidróxido de sódio.

KOH – Hidróxido de potássio.

CsOH – Hidróxido de céσιο.

Be(OH)₂ – Hidróxido de berílio.

Mg(OH)₂ – Hidróxido de magnésio.

Ca(OH)₂ – Hidróxido de cálcio.

Sr(OH)₂ – Hidróxido de estrôncio.

Ba(OH)₂ – Hidróxido de bário.

Al(OH)₃ – Hidróxido de alumínio.

Zn(OH)₂ – Hidróxido de zinco.

Ag(OH) – Hidróxido de prata.

NH₄OH – Hidróxido de amônio (Não confunda com amônia, cuja fórmula é NH₃).

Porém, existem metais que podem possuir dois nox diferentes. Nesse caso, procede-se da mesma forma que nos casos anteriores, acrescentando o nox em algarismos romanos. Ainda, como nomenclatura alternativa, podemos ter o nox maior com a terminação *ico* e o nox menor com a terminação *oso*. Veja os casos mais importantes:

{ Cu⁺OH – Hidróxido de cobre I (ou cuproso)
Cu²⁺(OH)₂ – Hidróxido de cobre II (ou cúprico)

{ Au⁺OH – Hidróxido de ouro I (ou auroso)
Au³⁺(OH)₃ – Hidróxido de ouro III (ou áurico)

{ Fe²⁺(OH)₂ – Hidróxido de ferro II (ou ferroso)
Fe³⁺(OH)₃ – Hidróxido de ferro III (ou férrico)

{ Sn²⁺(OH)₂ – Hidróxido de estanho II (ou estanoso)
Sn⁴⁺(OH)₄ – Hidróxido de estanho IV (ou estânico)

{ Pb²⁺(OH)₂ – Hidróxido de chumbo II (ou plumboso)
Pb⁴⁺(OH)₄ – Hidróxido de chumbo IV (ou plúmbico)

Características das principais bases

A seguir, vai uma tabela mostrando as principais características das principais bases:

Fórmula	Nome	Utilizações
NaOH	Hidróxido de sódio (soda cáustica)	É uma das bases mais utilizadas da química, como desentupidores de pias e vasos sanitários, como limpador de calçadas e como matéria-prima para fabricação de água de lavadeira, desinfetante e sabões.
KOH	Hidróxido de potássio (potassa cáustica)	É o principal produto obtido da queima da madeira (por isso o nome alcalino, já que álcali tem este significado).
Mg(OH) ₂	Hidróxido de magnésio (leite de magnésia)	É uma base fraca e praticamente insolúvel em água. É utilizada principalmente como antiácido estomacal, evitando a azia, que é a sensação de queimação do esôfago.
Ca(OH) ₂	Hidróxido de cálcio (cal apagada) (cal extinta) (cal hidratada)	É principalmente utilizada como argamassa para a construção civil e para correção da acidez do solo. Utilizado também na caiação de paredes e troncos de árvores.
Al(OH) ₃	Hidróxido de alumínio	Nas estações de tratamento de água, o Al(OH) ₃ é usado como floculador, pois como é uma base praticamente insolúvel em água, adquire uma consistência gelatinosa e, na sua sedimentação, carrega mecanicamente a sujeira para o fundo, através de pequenos flocos mais densos que a água. Também serve como antiácido estomacal.
NH ₄ OH	Hidróxido de amônio	Esta base só coexiste em presença de água, já que isoladamente esta substância existe na forma de NH ₃ (amônia). Utilizada principalmente como fertilizante e desinfetantes do tipo Ajax e Veja Multiuso.

Tab. 5 Descrição das principais bases.

	Monovalentes: 1+	Bivalentes: 2+	Trivalentes: 3+	Tetravalentes: 4+
Possuem uma única valência	H ₃ O ¹⁺ hidrônio NH ₄ ¹⁺ amônio Li ¹⁺ lítio Na ¹⁺ sódio K ¹⁺ potássio Rb ¹⁺ rubídio Cs ¹⁺ céσιο Ag ¹⁺ prata	Be ²⁺ berílio Mg ²⁺ magnésio Ca ²⁺ cálcio Sr ²⁺ estrôncio Ba ²⁺ bário Ra ²⁺ rádio Zn ²⁺ zinco Cd ²⁺ cádmio	Al ³⁺ alumínio Bi ³⁺ bismuto	
Possuem mais de uma valência	Cu ¹⁺ cuproso Hg ₂ ²⁺ mercuroso Au ¹⁺ auroso	Cu ²⁺ cúprico Hg ²⁺ mercúrico Cr ²⁺ cromoso Fe ²⁺ ferroso Co ²⁺ cobaltoso Ni ²⁺ níqueloso Sn ²⁺ estanoso Pb ²⁺ plumboso Mn ²⁺ manganoso Pt ²⁺ platinoso Ti ²⁺ titanoso	Au ³⁺ áurico Cr ³⁺ crômico Fe ³⁺ férrico Co ³⁺ cobáltico Ni ³⁺ níquelico Mn ³⁺ manganês III	Sn ⁴⁺ estânico Pb ⁴⁺ plumbico Mn ⁴⁺ mangânico Pt ⁴⁺ platínico Ti ⁴⁺ titânico
Observação: Os elementos arsênio (As) e antimônio (Sb) podem formar, em certos casos, cátions pentavalentes: 5+.			Trivalentes: 3+	Pentavalentes: 5+
			As ³⁺ arsenioso Sb ³⁺ antimonioso	As ⁵⁺ arsênico Sb ⁵⁺ antimônico

Tab. 6 Cátions.

Ânions Monovalentes: 1-			
Dos halogênios	Do enxofre	Continuação do carbono	
F ¹⁻ fluoreto Cl ¹⁻ cloreto Cl/O ¹⁻ hipoclorito Cl/O ₂ ¹⁻ clorito Cl/O ₃ ¹⁻ clorato Cl/O ₄ ¹⁻ perclorato Br ¹⁻ brometo BrO ¹⁻ hipobromito BrO ₂ ¹⁻ bromito BrO ₃ ¹⁻ bromato BrO ₄ ¹⁻ perbromato I ¹⁻ iodeto IO ¹⁻ hipiodito IO ₂ ¹⁻ iodito IO ₃ ¹⁻ iodato IO ₄ ¹⁻ periodato	HS ¹⁻ bissulfeto HSO ₃ ¹⁻ bissulfito HSO ₄ ¹⁻ bissulfato	SNC ¹⁻ tiocianato HCO ₃ ¹⁻ bicarbonato CHO ₂ ¹⁻ formiato C ₂ H ₃ O ₂ ¹⁻ acetato	
	Do nitrogênio N ₃ ¹⁻ azoteto NO ₂ ¹⁻ nitrito NO ₃ ¹⁻ nitrato NH ₂ ¹⁻ amídeto	Do fósforo PO ₃ ¹⁻ metafosfato H ₂ PO ₂ ¹⁻ hipofosfito H ₂ PO ₄ ¹⁻ di-hidrogenofosfato	Dos metais de transição CrO ₂ ¹⁻ cromito MnO ₄ ¹⁻ permanganato FeO ₂ ¹⁻ ferrito AuCl ₄ ¹⁻ cloroaurato
	Do carbono CN ¹⁻ cianeto NC ¹⁻ isocianeto OCN ¹⁻ cianato NCO ¹⁻ isocianato ONC ¹⁻ fulminato	Outros AlO ₂ ¹⁻ aluminato AsO ₂ ¹⁻ metarsenito SbO ₂ ¹⁻ metantimonito BiO ₃ ¹⁻ bismutato H ¹⁻ hidreto OH ¹⁻ hidróxido BO ₂ ¹⁻ metaborato BF ₄ ¹⁻ fluorborato	

Tab. 7 Ânions monovalentes.

Ânions Bivalentes: 2-			
Do oxigênio O ²⁻ óxido O ₂ ²⁻ peróxido O ₄ ²⁻ superóxido	Do nitrogênio N ₂ O ₂ ²⁻ hiponitrato		
Do enxofre S ²⁻ sulfeto SO ₃ ²⁻ sulfito SO ₄ ²⁻ sulfato S ₂ O ₃ ²⁻ tiosulfato S ₂ O ₄ ²⁻ hipossulfato S ₂ O ₅ ²⁻ pirossulfato S ₂ O ₆ ²⁻ peroxidissulfato S ₂ O ₇ ²⁻ tetrationato S _n O ₆ ²⁻ politionato (n = 2, 3, 4, 5, 6)	Do fósforo HPO ₃ ²⁻ fosfito HPO ₄ ²⁻ mono-hidrogenofosfato	Outros BeO ₂ ²⁻ berilato B ₄ O ₇ ²⁻ tetraborato SiO ₃ ²⁻ metassilicato SiF ₆ ²⁻ fluorsilicato SnO ₂ ²⁻ estanito SnO ₃ ²⁻ estanato PbO ₂ ²⁻ plumbito PbO ₃ ²⁻ plumbato Se ²⁻ seleneto SeO ₃ ²⁻ selenito SeO ₄ ²⁻ selenato Te ²⁻ telureto TeO ₃ ²⁻ telurito TeO ₄ ²⁻ telurato	
	Do carbono C ₂ ²⁻ carbeto CO ₃ ²⁻ carbonato C ₂ O ₄ ²⁻ oxalato	Dos metais de transição CrO ₄ ²⁻ (orto) cromato Cr ₂ O ₇ ²⁻ dicromato MoO ₄ ²⁻ molibdato WO ₄ ²⁻ tungstato MnO ₃ ²⁻ manganito MnO ₄ ²⁻ manganato FeO ₄ ²⁻ ferrato PtCl ₆ ²⁻ hexacloroplatinato ZnO ₂ ²⁻ zincato	

Tab. 8 Ânions bivalentes.

Ânions Trivalentes: 3-		
Do nitrogênio N ³⁻ nitreto	Dos metais de transição [Fe(CN) ₆] ³⁻ ferricianeto	Outros BO ₃ ³⁻ (orto) borato AsO ₃ ³⁻ arsenito AsO ₄ ³⁻ (orto) arsenato SbO ₃ ³⁻ antimonito SbO ₄ ³⁻ (orto) antimonato
Do fósforo P ³⁻ fosfeto PO ₄ ³⁻ (orto) fosfato		

Tab. 9 Ânions trivalentes.

Ânions Tetravalentes: 4-		
Do fósforo $P_2O_6^{4-}$ hipofosfato $P_2O_7^{4-}$ pirostato	Do carbono C^{4-} carbeto (metaneto)	Outros SiO_4^{4-} (orto) silicato AsO_7^{4-} piroarsenato $Sb_2O_7^{4-}$ piroantimonato
	Dos metais de transição $[Fe(CN)_6]^{4-}$ ferrocianeto	

Tab. 10 Ânions tetravalentes.

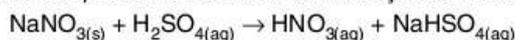
Revisando

1 Uerj 2007 (Adapt.) Na atmosfera artificial do interior das cápsulas espaciais, o oxigênio consumido pelos astronautas é renovado a partir de reservas de O_2 . Para manter a concentração do gás produzido pelo metabolismo energético dos tripulantes em níveis não tóxicos, o ar artificial dessas cápsulas precisa, ainda, ser continuamente purificado. Mencione uma das substâncias que pode ser utilizada na purificação do ar com esse objetivo.

2 PUC-MG (Adapt.) Completar as reações e indicar qual delas não é de neutralização.

- $KOH_{(aq)} + HCl_{(aq)}$
- $Ca(OH)_{2(aq)} + 2HF_{(aq)}$
- $CH_{4(g)} + 2O_{2(g)}$

3 Uerj 2009 (Adapt.) O ácido nítrico é um composto muito empregado em indústrias químicas, principalmente para a produção de corantes, fertilizantes, explosivos e nylon. Um processo industrial de obtenção do ácido nítrico consiste na seguinte reação:

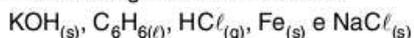


Apresente a fórmula estrutural plana do ácido nítrico.

Exercícios propostos

Teoria de Arrhenius

1 UFMG Observe o desenho a seguir. Esse desenho representa um circuito elétrico. O béquer contém água pura, à qual adiciona-se uma das seguintes substâncias:



Após essa adição, a lâmpada pode ou não acender.

Indique quantas dessas substâncias fariam a lâmpada acender.



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

2 UFMG A condução de eletricidade através de uma solução aquosa de cloreto de sódio é realizada pelo movimento de:

- (a) elétrons.
(b) íons cloreto e sódio.
(c) moléculas de água.
(d) moléculas de cloreto de sódio.
(e) prótons.

3 Cesgranrio O ácido clorídrico puro (HCl) é um composto que conduz muito mal a eletricidade. A água pura (H_2O) é um composto que também conduz muito mal a eletricidade; no entanto, ao dissolvermos o ácido na água, formamos uma solução que conduz muito bem a eletricidade, o que se deve à:

- (a) dissociação da água em H^+ e OH^- .
(b) ionização do HCl formando H_3O^+ e Cl^- .
(c) transferência de elétrons da água para o HCl .
(d) transferência de elétrons do HCl para a água.
(e) reação de neutralização do H^+ da água com Cl^- do HCl .

4 Unicamp Indique, nas afirmações a seguir, o que é correto ou incorreto, justifique sua resposta em poucas palavras: "Uma solução aquosa de cloreto de hidrogênio apresenta o número de cátions H^+ igual ao de ânions Cl^- . Portanto, é eletricamente neutra e não conduz a eletricidade".

5 Puccamp Água pura é um mau condutor de corrente elétrica. O ácido sulfúrico puro (H_2SO_4) também é mau condutor. Explique o fato de uma solução diluída de ácido sulfúrico, em água, ser boa condutora de corrente elétrica.

6 Puccamp Considere as afirmações a seguir relativas aos tipos de ligações químicas.

- Num fio de cobre, os elétrons dos níveis de valência dos átomos formam a nuvem eletrônica responsável pela união destes átomos e pela boa condutividade elétrica do metal.
- Substâncias moleculares como os açúcares têm pontos de fusão mais elevados do que os de substâncias iônicas como os sais.
- Amostras de vinagre conduzem a corrente elétrica porque têm íons em movimento.

É possível afirmar que apenas:

- (a) I é correta. (d) I e III são corretas.
(b) II é correta. (e) II e III são corretas.
(c) III é correta.

7 Mackenzie Solução não eletrolítica é aquela em que o soluto presente mantém-se na forma de moléculas, não sendo condutora de corrente elétrica. A substância que em água forma uma solução não eletrolítica é:

- (a) ácido sulfúrico porque ioniza.
(b) cloreto de sódio porque se dissolve e ioniza.
(c) glicose porque somente se dissolve.
(d) hidróxido de sódio porque sofre dissociação iônica.
(e) hidróxido de bário em presença de ácido sulfúrico em excesso, ambas de mesma molaridade.

8 Unicamp À temperatura ambiente o cloreto de sódio, NaCl , é sólido e o cloreto de hidrogênio, HCl , é um gás. Estas duas substâncias podem ser líquidas em temperaturas adequadas.

- Por que, no estado líquido, o NaCl é um bom condutor de eletricidade, enquanto no estado sólido não é?
- Por que, no estado líquido, o HCl é um mau condutor de eletricidade?
- Por que, em solução aquosa, ambos são bons condutores de eletricidade?

9 Puccamp A tabela seguinte apresenta algumas propriedades de um composto binário.

Ponto de ebulição	-85 °C
Condução da corrente elétrica em solução aquosa	conduz
Condução da corrente elétrica no estado líquido	não conduz

É possível, com essas informações, afirmar que, no composto, os átomos unem-se por:

- (a) ligação covalente polar. (d) ligação iônica.
(b) ligação covalente apolar. (e) forças de Van der Waals.
(c) ligação metálica.

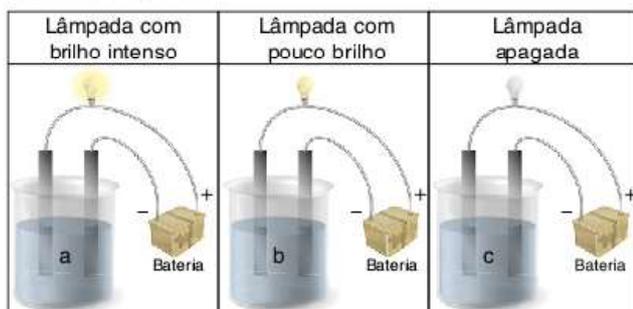
>> Dica da questão 9: O único tipo de composto que só conduz em solução aquosa é um ácido, como HCl , por exemplo.

10 Vunesp Verifica-se experimentalmente que tanto a água quanto o ácido nítrico puro são maus condutores de eletricidade. Observa-se também que uma solução de ácido nítrico em água é boa condutora de eletricidade. Explique essas observações experimentais.

11 UFMG Todas as alternativas apresentam exemplos de partículas carregadas, responsáveis pela condução de eletricidade, exceto:

- (a) elétrons ao longo dos planos de átomos de carbono na grafita.
- (b) elétrons de valência num metal.
- (c) íons alumínio e fluoreto no fluoreto de alumínio fundido.
- (d) íons sódio e cloreto num cristal de cloreto de sódio.
- (e) íons sulfato e cobre numa solução de sulfato de cobre.

12 UFF Observe as situações representadas a seguir nas quais os eletrodos estão mergulhados em soluções aquosas indicadas por a, b e c.



As soluções aquosas 0,10 M de a, b e c são, respectivamente:

- (a) CO_2 ; CH_3COOH ; HCl
- (b) HNO_3 ; NaCl ; Glicose
- (c) KOH ; H_2SO_4 ; HCl
- (d) HCl ; Glicose; Na_2CO_3
- (e) HCl ; CH_3COOH ; $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

Classificação e nomenclatura dos ácidos

13 O que é função química?

14 Quais são as principais funções químicas?

15 O que é a função ácido?

16 Em que íons se ioniza o ácido clorídrico?

17 Fuvest Responda:

- a) Qual o produto de uso doméstico que contém ácido acético?
- b) Indique quatro espécies químicas (íons, moléculas) que existem em uma solução aquosa de ácido acético.

18 UEL Considere as afirmações a seguir acerca do cloreto de hidrogênio.

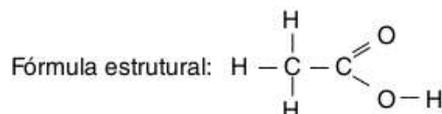
- I. É uma substância de molécula polar.
- II. Sofre ionização na água.
- III. Tem massa molar igual a 35,5 g/mol.
- IV. É insolúvel na água.

São corretas somente:

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

19 Uerj O vinagre é uma solução aquosa diluída que contém o ácido acético ionizado. As fórmulas molecular e estrutural deste ácido estão a seguir representadas.

Fórmula molecular: $\text{H}_4\text{C}_2\text{O}_2$



O segundo membro da equação química que representa corretamente a ionização do ácido acético aparece na seguinte alternativa:

- (a) $\text{H}^+ + \text{H}_3\text{C}_2\text{O}_2^-$
- (b) $2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_2^{2-}$
- (c) $3\text{H}^+ + \text{HC}_2\text{O}_2^{3-}$
- (d) $4\text{H}^+ + \text{C}_2\text{O}_2^{4-}$

20 Mackenzie Dentre as fórmulas dadas, a única que representa um ácido de Arrhenius é:

- (a) H_2O
- (b) NH_3
- (c) HMnO_4
- (d) NaCl
- (e) KOH

21 Escreva as ionizações totais dos seguintes ácidos:

- a) HCl
- (b) H_2SO_3
- (c) H_3PO_4
- (d) $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$
- (e) H_3PO_3
- (f) H_3PO_2

22 Escreva todas as ionizações parciais dos seguintes ácidos:

- a) HCN
- (b) H_2S
- (c) H_3BO_3
- (d) $\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7$
- (e) H_3PO_3

23 Mackenzie Na ionização total de um mol de um ácido, obtêm-se íons, HPO_3^{2-} e hidroxônio. Para a fórmula molecular do ácido e para o número total de mols de íons hidroxônio temos, respectivamente:

- (a) H_2PO_3 e 2
- (b) H_3PO_3 e 1
- (c) HPO_3 e 2
- (d) H_3PO_3 e 2
- (e) H_3PO_3 e 3

24 UFMG Assinale a alternativa que indica a fórmula do ácido clorídrico:

- (a) HCl
- (b) HClO
- (c) HClO_3
- (d) HClO_2
- (e) HClO_4

25 Unesp 2005 A água destilada ($\text{pH} = 7,0$) em contato com o ar dissolve o dióxido de carbono (CO_2) levando à formação de um composto que a deixa levemente ácida ($\text{pH} \approx 6,0$). Nas grandes cidades, a queima de combustíveis fósseis produz gases, como os óxidos de nitrogênio e de enxofre, que reagem com a água produzindo compostos ainda mais ácidos. À precipitação dessas soluções aquosas denomina-se chuva ácida. Os gases como o dióxido de carbono, os óxidos de nitrogênio e o trióxido de enxofre, presentes no ar das grandes cidades, reagem com a água podendo formar, respectivamente, os ácidos:

- (a) carboxílico, nítrico e sulfídrico.
 (b) acético, muriático e nítrico.
 (c) carbônico, nítrico e sulfúrico.
 (d) carbônico, sulfúrico e nítrico.
 (e) clorídrico, nítrico e sulfúrico.

26 Assinale o item que contém apenas ácidos:

- (a) H_2S , $NaCl$, KOH (d) HCl , NH_4OH , BaS
 (b) HBr , HCl , H_2SO_4 (e) $NaOH$, $LiOH$, $Ca(OH)_2$
 (c) $NaCl$, $Ba(OH)_2$, BaS

27 Mackenzie O ácido que é classificado como oxiácido, diácido e é formado por átomos de três elementos químicos diferentes é:

- (a) H_2S (d) H_2SO_3
 (b) $H_4P_2O_7$ (e) HNO_3
 (c) HCN

28 FGV 2009 Considere as seguintes afirmações.

- I. o HCl é um ácido mais forte que o HBr .
 II. a ligação $H-Cl$ é mais forte que a ligação $H-Br$.
 III. a dissolução do HBr na água é um processo exotérmico.
 IV. durante a dissolução do HBr em água, verifica-se que há um aumento da temperatura da água.

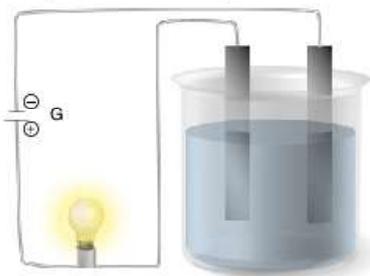
São corretas as afirmações:

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

29 ITA Qual dos ácidos a seguir é o menos volátil?

- (a) HCl (d) H_2SO_4
 (b) HI (e) CH_3CH_2COOH
 (c) H_2SO_3

30 UFC O esquema a seguir mostra a aparelhagem que pode ser utilizada para testar a força dos ácidos:



Em qual das soluções, todas com mesma concentração e temperatura, a lâmpada apresenta maior brilho?

- (a) HF (d) H_4SiO_4
 (b) H_2S (e) HNO_3
 (c) H_3PO_4

31 Escreva o nome dos compostos a seguir.

- a) H_3PO_4 c) H_3PO_2 e) HF
 b) H_3PO_3 d) HCN

32 Determinar o nome dos ácidos a seguir.

- a) HIO_4 c) HIO_2
 b) HIO_3 d) HIO

33 Mackenzie Dê o nome dos ácidos a seguir.

- a) $H_2S_2O_3$ b) H_3SbO_3 c) $HCNS$

34 PUC-PR 2010 O ácido sulfúrico é uma das substâncias mais utilizadas nas indústrias. Seu maior consumo se dá na indústria de fertilizantes, além da indústria petroquímica, de papel, de corantes e nas baterias de automóvel.

Esse ácido pode ser descrito como:

- I. um líquido incolor, viscoso e corrosivo.
 II. um ácido forte, oxiácido, mineral, fixo, além de ser forte agente oxidante.
 III. ao reagir com o metal zinco, forma o sulfato de zinco e desprende o gás hidrogênio.
 IV. o ácido concentrado é um ótimo condutor de corrente elétrica, pois ele tem concentração de 96%.
 V. o hidrogeno sulfeto é a base conjugada desse ácido, segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

- (a) Apenas as assertivas I, II e III estão corretas.
 (b) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
 (c) Apenas a assertiva I está correta.
 (d) Todas as assertivas estão corretas.
 (e) Apenas a assertiva II está correta.

Bases ou hidróxidos

35 Em quais íons se dissocia o hidróxido de sódio?

36 Dar o nome das bases a seguir.

- a) $NaOH$ b) $Al(OH)_3$ c) $Fe(OH)_3$

37 Determinar os íons que podemos obter na dissociação das bases a seguir.

- a) $Ni(OH)_3$ b) $CsOH$

38 As bases são também conhecidas como _____. Como procedemos para dar nomes às bases? Dê também o nome das bases a seguir.

- a) $Cr(OH)_3$ c) $Pt(OH)_4$
 b) $Sn(OH)_2$ d) $Hg(OH)_2$

39 Assinale o item que contém apenas bases.

- (a) H_2S , $NaCl$, KOH (d) HCl , NH_4OH , BaS
 (b) $HBrO$, H_2O , $CaBr_2$ (e) $NaOH$, $LiOH$, $Ca(OH)_2$
 (c) HNO_2 , $Ba(OH)_2$, KCl

>> Dica da questão 33: A troca de um oxigênio por um enxofre requer o prefixo "tio".

40 Assinale a alternativa que completa corretamente o texto a seguir:

“Define-se ácidos e bases como substâncias que ao se dissolverem em água fornecem, respectivamente, cátions I e ânions II”

- (a) I – H⁺ e II – O²⁻ (c) I – H⁺ e II – O₂⁻ (e) I – H⁺ e II – OH⁻
 (b) I – H₃⁺ e II – O²⁻ (d) I – H₃⁺ e II – OH⁻

41 Uma base tem fórmula M(OH)₃. O elemento M pode ser:

- (a) enxofre. (c) sódio. (e) chumbo.
 (b) alumínio. (d) cálcio.

42 Uma base tem fórmula MOH. O elemento M pode ser:

- (a) enxofre. (c) sódio. (e) chumbo.
 (b) alumínio. (d) cálcio.

43 Fvest Assinale a alternativa que apresenta dois produtos caseiros com propriedades alcalinas.

- (a) Detergente e vinagre.
 (b) Sal e coalhada.
 (c) Leite de magnésia e sabão.
 (d) Bicarbonato e açúcar.
 (e) Coca-Cola e água de cal.

44 Uma base tem fórmula M(OH)₂. O elemento M pode ser:

- (a) enxofre. (c) sódio. (e) chumbo.
 (b) alumínio. (d) cálcio.

45 Mackenzie Na decomposição térmica do calcário (CaCO₃), obtêm-se um gás e um sólido branco chamado de cal viva ou virgem, que, por sua vez, ao reagir com água, forma a cal extinta, cuja fórmula é:

- (a) CaC₂ (c) CaO (e) H₂CO₃
 (b) Ca(OH)₂ (d) CO₂

46 Mackenzie O suco gástrico necessário à digestão contém ácido clorídrico que, em excesso, pode provocar “dor de estômago”. Neutraliza-se esse ácido, sem risco, ingerindo-se:

- (a) solução aquosa de base forte (NaOH).
 (b) solução aquosa de cloreto de sódio.
 (c) suspensão de base fraca (Al(OH)₃).
 (d) somente água.
 (e) solução concentrada de ácido sulfúrico.

>> Dica da questão 44: A questão apresenta duas respostas.

TEXTOS COMPLEMENTARES

A chuva ácida

Introdução

A chuva ácida é um problema ambiental causado pela falta de cuidados com a liberação de gases de resíduos industriais para a atmosfera. O problema ainda está testando soluções, mas elas já existem. Algumas já foram consagradas, outras passam por fases de experimentação. Neste texto, analisaremos os diferentes tipos de chuvas ácidas e suas implicações biológicas.

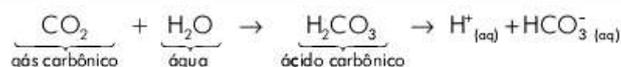
Tipos de chuvas ácidas

Existem basicamente três tipos de chuvas ácidas, sendo que cada tipo constitui um problema diferente e necessita de uma solução distinta.

Os tipos diferentes são:

a) H₂CO₃

Esse tipo de chuva ácida é natural e, portanto, não apresenta solução. É a mais inofensiva de todas, pois forma o ácido mais fraco. Todavia, é contínua e capaz de castigar os solos aos poucos. Daí a razão de se corrigir a acidez excessiva dos solos ano a ano com calcário. Esta chuva se forma pela simples dissolução do CO₂ em água, que pode ser representada pela seguinte equação:



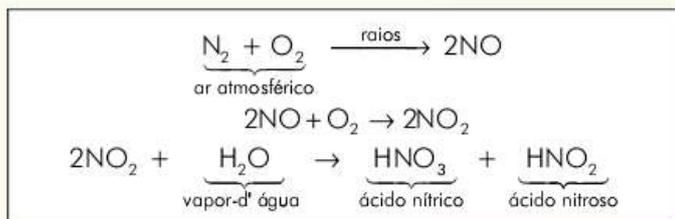
Para tentar bloquear esse tipo de chuva ácida, dever-se-ia eliminar o CO₂ do ar atmosférico. Mesmo que possível, isso iria bloquear o processo de fotossíntese das plantas, que necessitam de CO₂. Bloquear o processo de fotossíntese das plantas seria destruir a base de nossa cadeia alimentar, o que equivale a decretar nossa extinção.

Felizmente, este é o tipo mais ameno de chuva ácida. O planeta sempre conviveu em harmonia com ela. É por essa razão que toda chuva é inevitavelmente ácida, porém, levemente, com o pH apresentando valores superiores a 5,6, muito próximo do neutro, que é sete.

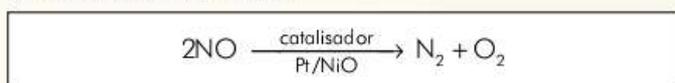
b) HNO₃

A chuva com ácido nítrico provém de duas fontes, através do mesmo processo. Uma das fontes é natural, já que é provocada por relâmpagos. Esses raios desencadeiam uma sequência de reações que irão culminar na formação do HNO₃.

Observe a sequência a seguir.



Todavia, a quantidade de ácido nítrico produzido por este processo absolutamente natural não seria capaz de alarmar nenhum ambientalista. Contudo, com o aumento da frota de carros (outra fonte de produção do ácido), a chuva ácida provocada pelo HNO_3 tem preocupado até os mais otimistas, já que a frota mundial de carros só tende a aumentar. A única diferença entre as duas fontes é que, no motor do carro, os relâmpagos são substituídos pelas faíscas elétricas produzidas no motor, para que se realize a combustão dos combustíveis (chamada tecnicamente de centelha). Com isso, os gases que produzem HNO_3 passam a ser lançados para a atmosfera por todos os canos de escapamento de veículos. Foi devido a isso que surgiu a ideia do catalisador nos veículos. Feitos de um material poroso embebido de platina e óxido de níquel, instalados no final dos canos de escapamento dos carros, além de completar a combustão da gasolina, têm por finalidade reverter o processo de formação de chuva ácida logo em sua primeira etapa, como equacionado a seguir:



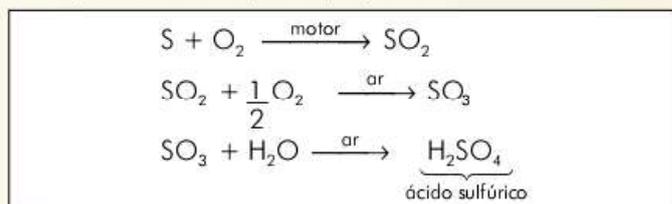
Esta não é uma solução totalmente eficaz, mas ajuda a solucionar o problema de chuva ácida provocada pelo ácido nítrico (HNO_3).

c) H_2SO_4

Este é o pior e mais agressivo tipo de chuva ácida. Também possui duas fontes, só que ambas artificiais.

A primeira fonte são novamente os veículos automotores. Os derivados de petróleo como gasolina, querosene e principalmente o diesel possuem como impureza o elemento químico enxofre, e em grande quantidade. Já no motor do carro, ele é queimado e

produz o dióxido de enxofre (SO_2), que é lançado na atmosfera pelos canos de escapamento (o catalisador não atua neste caso). O dióxido se transforma em trióxido (SO_3) que, em contato com o vapor-d'água do ar atmosférico, forma o forte H_2SO_4 . A sequência de reações é mostrada pelas equações abaixo.



A outra fonte, chaminés de indústrias químicas, petroquímicas e siderúrgicas, forma o H_2SO_4 da mesma forma. Pelo fato de o ácido sulfúrico ser forte, sua chuva pode chegar a $\text{pH} = 2$ (mais ácido que a Coca-Cola). Devido a sua enorme produção em regiões populosas e industrializadas, alguns lagos próximos chegaram ao valor de $\text{pH} = 3$ (acidez equivalente à do suco de limão). Isso ocorreu principalmente na região Nordeste dos EUA. Evidentemente, o ecossistema desses lagos desapareceu por completo, mas existem tentativas de solucionar o problema adicionando calcário a estes lagos. Entretanto, agir na consequência é bem pior do que na causa do problema. Em Cubatão, considerada na década de 80 a cidade mais poluída do mundo, a refinaria Presidente Bernardes (petroquímica) e a Cosipa (siderúrgica) despejavam toneladas de SO_2 todos os dias pelas suas chaminés. A chuva ácida caía na encosta da serra do mar. Contudo, o ácido libera o alumínio do solo, que bloqueia a coifa das raízes, provocando uma mortandade das árvores. Por sua vez, a falta de árvores faz com que as encostas fiquem mais suscetíveis aos desmoronamentos. A solução aplicada a Cubatão foi a de se colocar nas chaminés filtros para o SO_2 e replantar toda a encosta da serra. Além disso, o alumínio livre em lagos age diretamente nas guelras dos peixes, matando-os. Nos EUA, a solução para as chaminés industriais foi a mesma aplicada em Cubatão, e o problema foi minimizado. Mas quanto aos carros, a única solução seria abolir o uso de combustíveis derivados de petróleo, mas a solução está longe de ser praticada.

Os efeitos da chuva ácida

As florestas contam com a capacidade de tamponamento de seu solo para se protegerem da chuva ácida. As águas ácidas tiram as toxinas do solo, como o alumínio. As árvores absorvem as substâncias venenosas, e os escoamentos seguem para lagos, rios e canais. A chuva ácida também dissolve os minerais e os nutrientes úteis, como cálcio, magnésio e potássio, antes de as árvores absorvê-los. A chuva ácida raramente mata uma floresta totalmente, porém, ela retarda seu crescimento através de anos de degradação do solo. A perda de nutrientes e a exposição às toxinas aumentam as chances de as árvores caírem durante tempestades ou morrerem no inverno.

Mesmo as árvores em solos bem tamponados podem enfraquecer com a forte neblina ácida. As florestas de alta elevação penetram nas nuvens ácidas, que tiram das folhas os nutrientes e acabam com a capacidade das árvores de resistirem ao frio. Os picos descobertos das montanhas apalachianas revelam o efeito venenoso da chuva ácida nas florestas de alta elevação.



A chuva ácida pode corroer rocha e metal. Ela acelerou o processo natural de desgaste do rosto desse anjo.

© MICHAEL DRAGER | DREAMSTIME.COM

Materiais e acabamentos

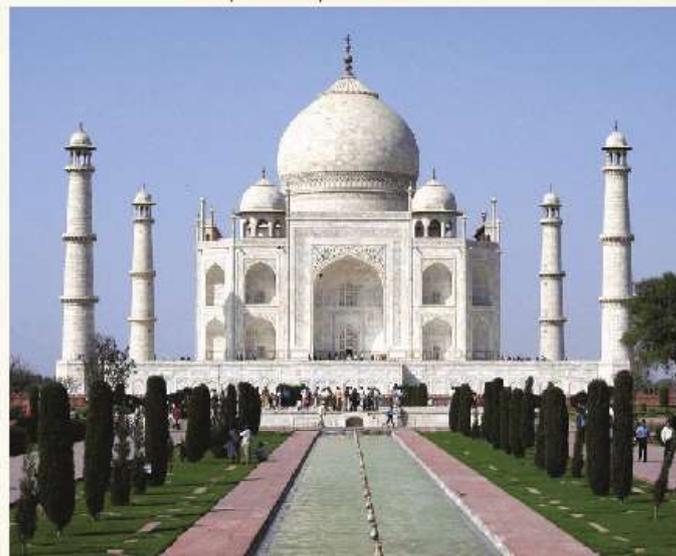
A chuva ácida possui a terrível capacidade de destruir rochas e metais, os materiais mais duráveis. Construções antigas, monumentos e lápides carregam sinais leves de corrosão ácida e deterioração. A deposição ácida acelera o desgaste natural causado por chuva, sol, neve e vento.

A chuva ácida também estraga a pintura de automóveis. A indústria automotiva considera a deposição ácida um tipo de precipitação ambiental corrosiva, além da seiva de árvores, pólen e excrementos de pássaros. As marcações ácidas deixam formas corrosivas e irregulares em superfícies horizontais. Pintar novamente é a única forma de reparar o acabamento de um carro desfigurado pela chuva ácida.

Chuva ácida e o Taj Mahal

Chuva ácida arruina alguns dos monumentos culturais mais belos do mundo. A redução das emissões, no entanto, ajudou a diminuir o índice de prejuízos na América do Norte e na Europa. O Taj Mahal, na Índia, também não teve sorte. O mausoléu construído pelo imperador Mughal Shah Jahan para sua querida esposa

Mumtaz Mahal está perdendo seu brilho e tornando-se uma sombra pálida. Os cientistas responsabilizam a poluição das fundições locais e de uma refinaria de petróleo próxima.



DHRADYAN/ISTOCKPHOTO.COM

RESUMINDO

Neste capítulo, verificamos os conceitos de funções químicas, que também serão utilizados no capítulo posterior. Para a compreensão do assunto, foi fundamental resgatar e entender tópicos básicos já ensinados nos capítulos do Livro 1 – Frente 1.

Abordamos no capítulo 4:

- A **Teoria de Arrhenius**, que foi discutida com detalhes, propiciando embasamento teórico suficiente para que seja possível distinguir sistemas que conduzem ou não eletricidade.
- As funções ácido e base, de maneira sistemática, definindo e classificando as funções e nomeando as substâncias pelas regras vigentes da IUPAC – *International Union and Applied Chemistry*.
- E, por fim, realizamos um estudo descritivo das principais substâncias, exemplificando cada uma de suas propriedades com fatos e utilizações cotidianas.

É importante ressaltar que este capítulo servirá de suporte para muitos outros, principalmente para o entendimento das reações químicas. Assim, imprescindível é, ao aluno, muita leitura e treino para que se consiga obter êxito nos principais vestibulares do país.

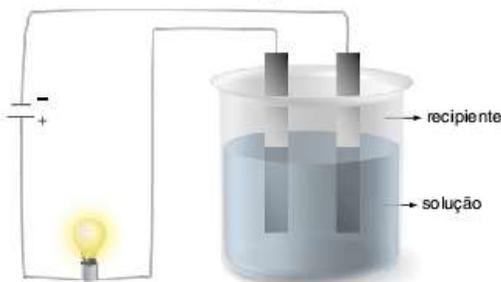
■ QUER SABER MAIS?**SITES**

- Chuva ácida
Disponível em: <www.usp.br/qambiental/chuva_acidaExperimento.html>.
Disponível em: <www.abq.org.br/cba/2007/trabalhos/6/6-236-463.htm>.

Exercícios complementares

Teoria de Arrhenius

1 Uerj A experiência a seguir é largamente utilizada para diferenciar soluções eletrolíticas de soluções não eletrolíticas. O teste está baseado na condutividade elétrica e tem como consequência o acendimento da lâmpada.



A lâmpada acenderá quando no recipiente estiver presente a seguinte solução:

- (a) $O_2(\ell)$ (c) $HCl_{(aq)}$
 (b) $H_2O(\ell)$ (d) $C_6H_{12}O_6(aq)$

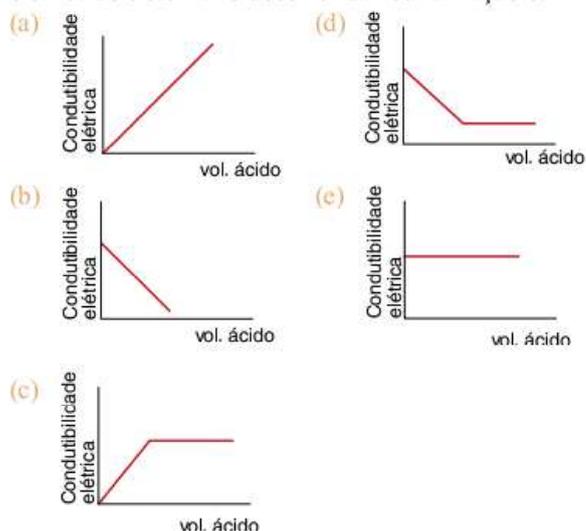
2 UEL “Num fio de cobre, a condução da corrente elétrica envolve.....x..... em movimento; numa solução aquosa de ácido clorídrico, a condução da corrente elétrica se faz por meio de....y.... livres”.

Para completar corretamente a afirmação formulada, x e y devem ser substituídos, respectivamente, por:

- (a) átomos e radicais (d) átomos e moléculas
 (b) prótons e elétrons (e) prótons e íons
 (c) elétrons e íons

3 Fatec Goteja-se, por meio de uma bureta, solução de ácido sulfúrico de certa concentração, sobre um dado volume de solução de hidróxido de bário de igual concentração, até que o ponto final da neutralização seja alcançado.

O gráfico que melhor expressa a variação da condutibilidade elétrica do sistema no decorrer da neutralização é:



4 PUC Algumas propriedades das substâncias w, x, y e z estão apresentadas a seguir.

	w	x	y	z
Estado físico a 25 °C e 1 atm	líquido	sólido	líquido	sólido
É solúvel em água	sim	não	sim	sim
A solução aquosa conduz corrente elétrica	sim	–	não	sim
Puro, no estado sólido, conduz corrente elétrica?	não	sim	não	não
Puro, no estado líquido, conduz corrente elétrica?	não	sim	não	sim

Assinale a alternativa em que as substâncias apresentadas, correspondem, respectivamente, a w, x, y e z às propriedades indicadas na tabela anterior.

- (a) ácido acético; ferro; álcool; cloreto de sódio.
 (b) álcool; cloreto de sódio; mercúrio; grafite.
 (c) mercúrio; grafite; ácido acético; ferro.
 (d) álcool; ferro; dióxido de carbono; cloreto de sódio.
 (e) ácido acético; prata; oxigênio; grafite.

5 UFSCar 2007 Sal de cozinha (cloreto de sódio) e açúcar (sacarose) são sólidos brancos solúveis em água. Suas soluções aquosas apresentam comportamentos completamente diferentes quanto à condução de corrente elétrica. É correto afirmar que:

- (a) o cloreto de sódio é um composto iônico e sua solução aquosa conduz corrente elétrica, devido à presença de moléculas de $NaCl$. A sacarose é um composto covalente e sua solução aquosa tem viscosidade muito alta, diminuindo a condutividade da água.
 (b) uma substância como o cloreto de sódio, que em solução aquosa forma íons, é chamada de eletrólito. A solução de sacarose conduz corrente elétrica devido à formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas de sacarose e água.
 (c) o cloreto de sódio é um composto iônico e suas soluções aquosas conduzem corrente elétrica, devido à presença de íons livres. A sacarose é um composto constituído de moléculas e suas soluções aquosas não conduzem corrente elétrica, pois as moléculas neutras de sacarose não contribuem para o transporte de cargas.
 (d) a dissolução de sacarose em água leva à quebra das moléculas de sacarose em glicose e frutose, e estas moléculas conduzem corrente elétrica. A solução de sal, por sua vez, apresenta condutividade menor que a da água destilada.
 (e) soluções aquosas de sacarose ou de cloreto de sódio apresentam condutividade elétrica maior do que aquela apresentada pela água pura, pois há formação de soluções eletrolíticas. Os íons formados são os responsáveis pelo transporte de cargas em ambos os casos.

6 PUC-SP 2007

Dados: coloração do indicador azul de bromotimol
 $\text{pH} < 6 \rightarrow$ solução amarela
 $6 < \text{pH} < 8 \rightarrow$ solução verde
 $\text{pH} > 8 \rightarrow$ solução azul.

Em um béquer foram colocados 20,0 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) de concentração 0,10 mol/L e algumas gotas do indicador azul de bromotimol. Com auxílio de uma bureta, foram adicionados 20,0 mL de uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4) de concentração 0,10 mol/L.

A cada alíquota de 1,0 mL adicionada, a mistura resultante era homogeneizada e a condutibilidade da solução era verificada através de um sistema bastante simples e comum em laboratórios de ensino médio. Uma lâmpada presente no sistema acende quando em contato com um material condutor, como água do mar ou metais, e não acende em contato com materiais isolantes, como água destilada, madeira ou vidro.

A respeito do experimento é correto afirmar que:

- (a) após a adição de 10,0 mL da solução de H_2SO_4 , a solução apresenta coloração azul e a lâmpada acende.
- (b) após a adição de 10,0 mL da solução de H_2SO_4 , a solução apresenta coloração verde e a lâmpada não acende.
- (c) após a adição de 12,0 mL da solução de H_2SO_4 , a solução apresenta coloração azul e a lâmpada acende.
- (d) após a adição de 12,0 mL da solução de H_2SO_4 , a solução apresenta coloração amarela e a lâmpada acende.
- (e) após a adição de 20,0 mL da solução de H_2SO_4 , a solução apresenta coloração verde e a lâmpada não acende.

7 UEL A condutibilidade elétrica de uma solução aquosa depende:

- I. do volume da solução.
- II. da concentração de íons hidratados.
- III. da natureza do soluto.

Dessas afirmações, apenas:

- (a) I é correta.
- (b) II é correta.
- (c) III é correta.
- (d) I e II são corretas.
- (e) II e III são corretas.

8 UEL Considere as seguintes amostras:

- I. solução aquosa de frutose.
- II. cloreto de sódio sólido.
- III. solução de iodo em tetracloreto de carbono.
- IV. solução aquosa de metanol.
- V. iodeto de potássio liquefeito.

Qual delas é boa condutora da corrente elétrica?

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

9 UFRGS O quadro a seguir apresenta propriedades de três substâncias designadas genericamente por A, B e C.

Substância	Condução de corrente elétrica			Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)
	no estado sólido	no estado líquido	em solução aquosa		
A	não	não	insolúvel em água	80,2	217,9
B	sim	sim	insolúvel em água	1260	1900
C	não	sim	sim	712	1412

As substâncias A, B e C podem ser, respectivamente:

- (a) dióxido de enxofre, sulfeto de cálcio e metano.
- (b) benzeno, cloreto de sódio e ferro metálico.
- (c) sulfato de alumínio, cobre metálico e hexano.
- (d) alumínio, tetracloreto de carbono e nitrato de sódio.
- (e) naftaleno, manganês metálico e cloreto de magnésio.

10 UFRGS Os sistemas:

- I. fio de cobre metálico: $\text{Cu}_{(s)}$;
- II. solução aquosa de sulfato de cobre: $\text{CuSO}_{4(aq)}$;
- III. cloreto de sódio fundido: $\text{NaCl}_{(l)}$;

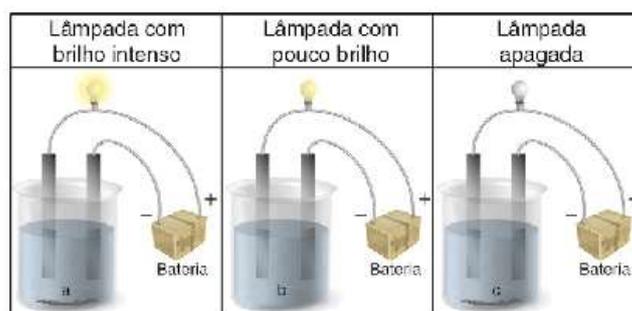
são condutores de eletricidade. As partículas responsáveis pela condução da corrente elétrica, em cada sistema, são, respectivamente:

- (a) elétrons, íons e íons.
- (b) elétrons, elétrons e elétrons.
- (c) átomos, íons e moléculas.
- (d) cátions, ânions e elétrons.
- (e) átomos, cátions e ânions.

11 Vunesp Qual das substâncias a seguir não conduz corrente elétrica em solução aquosa?

- (a) Brometo de hidrogênio.
- (b) Ácido fórmico.
- (c) Cloreto de potássio.
- (d) Bicarbonato de sódio.
- (e) Propanona.

12 UFRJ 2009 Durante um experimento, seu professor de Química pediu que você identificasse as soluções aquosas presentes em cada um dos béqueres (A, B, C) apresentados na figura a seguir.



Dois béqueres do experimento contêm soluções aquosas salinas, de sais desconhecidos.

- a) O ânion do sal presente na solução salina saturada pertence à família dos halogênios e é isoeletrônico ao sulfeto. Escreva o nome do ânion e identifique o béquer que contém essa solução.
- b) Sabe-se que o sal da solução não saturada é um nitrato cujo cátion pertence ao 3º período da família dos metais alcalinos terrosos. Escreva a fórmula química desse sal.

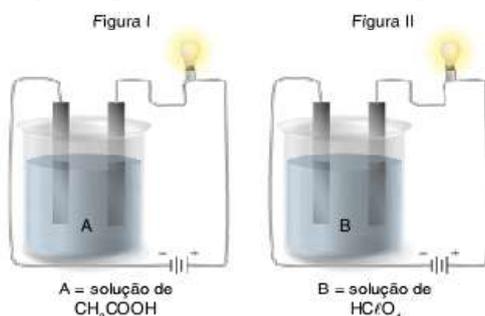
Classificação e nomenclatura dos ácidos

13 UFGM Uma colher de chá contendo sal de cozinha foi adicionada a um copo com 250 mL de água a 25 °C. O sistema foi agitado até completa dissolução do sal.

Com relação à solução resultante, todas as alternativas estão corretas, exceto:

- (a) Ela é eletricamente neutra. (d) Ela é incolor.
 (b) Ela é eletrolítica. (e) Ela é saturada.
 (c) Ela é homogênea.

14 UFGM Soluções de mesma concentração em mol/L de ácido acético e ácido perclórico foram eletrolisadas durante o mesmo tempo pela mesma bateria. Nos circuitos estavam intercaladas lâmpadas iguais, como mostrado nas figuras.



Com relação a esses sistemas, todas as afirmativas estão corretas, exceto:

- (a) A massa de oxigênio produzida em I é menor do que a produzida em II.
 (b) A reação química que ocorre em I e II é de oxirredução.
 (c) O brilho da lâmpada é mais intenso em II do que em I.
 (d) O gás hidrogênio é produzido no catodo de I e II.
 (e) O número de íons presentes na solução A é o mesmo que na solução B.

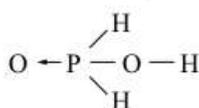
15 Dê o nome dos ácidos a seguir.

- a) HF c) HCN e) HI
 b) H₂S d) HBr

16 Dê a fórmula dos ácidos a seguir.

- a) ácido nítrico d) ácido carbônico
 b) ácido sulfúrico e) ácido clorídrico
 c) ácido fosfórico

17 UFRJ Os ácidos podem ser classificados quanto ao número de hidrogênios ionizáveis. O ácido hipofosforoso, H₃PO₂, utilizado na fabricação de medicamentos, apresenta fórmula estrutural:



Quantos hidrogênios são ionizáveis no ácido hipofosforoso? Justifique sua resposta.

18 Vunesp Escreva:

- a) as fórmulas moleculares do ácido hipoiódico e do ácido perbrômico.
 b) os nomes dos compostos de fórmulas H₂SO₃ e H₃PO₄.

19 Cesgranrio Com base na tabela de graus de ionização apresentada a seguir:

Ácido	Grau de ionização
HF	8%
HCl	92%
HCN	0,008%
H ₂ SO ₄	61%
H ₃ PO ₄	27%

Podemos concluir que o ácido mais forte é:

- (a) HF (d) H₂SO₄
 (b) HCl (e) H₃PO₄
 (c) HCN

20 Enem 2009 O processo de industrialização tem gerado sérios problemas de ordem ambiental, econômica e social, entre os quais se pode citar a chuva ácida. Os ácidos usualmente presentes em maiores proporções na água da chuva são o H₂CO₃, formado pela reação do CO₂ atmosférico com a água, o HNO₃, o HNO₂, o H₂SO₄ e o H₂SO₃. Esses quatro últimos são formados principalmente a partir da reação da água com os óxidos de nitrogênio e de enxofre gerados pela queima de combustíveis fósseis. A formação de chuva mais ou menos ácida depende não só da concentração do ácido formado, como também do tipo de ácido. Essa pode ser uma informação útil na elaboração de estratégias para minimizar esse problema ambiental. Se consideradas concentrações idênticas, quais dos ácidos citados no texto conferem maior acidez às águas das chuvas?

- (a) HNO₃ e HNO₂ (d) H₂SO₄ e HNO₃
 (b) H₂SO₄ e H₂SO₃ (e) H₂CO₃ e H₂SO₃
 (c) H₂SO₃ e HNO₂

21 Uece Considere os seguintes ácidos, com seus respectivos graus de ionização (a 18 °C) e usos:

H₃PO₄ (α = 27%), usado na preparação de fertilizantes e como acidulante em bebidas refrigerantes.

H₂S (α = 7,6 · 10⁻²%), usado como redutor.

HClO₄ (α = 97%), usado na medicina, em análises químicas e como catalisador em explosivos.

HCN (α = 8,0 · 10⁻³%), usado na fabricação de plásticos, corantes e fumigantes para orquídeas e poda de árvores.

Podemos afirmar que:

- (a) HClO₄ e HCN são triácidos.
 (b) H₃PO₄ e H₂S são hidrácidos.
 (c) H₃PO₄ é considerado um ácido semiforte.
 (d) H₂S é um ácido ternário.

>> Dica da questão 14: Algumas alternativas abordam assuntos que ainda não foram discutidos, mas a alternativa a ser marcada só depende dos assuntos que já foram abordados.

22 ITA Descreva um método de preparação do ácido nítrico economicamente viável e utilizado pelas indústrias químicas modernas para a produção em grande escala. Utilize equações balanceadas para representar as reações químicas que ocorrem com o emprego do método proposto.

23 Faça a fórmula estrutural dos seguintes ácidos:

- | | | |
|--------------|----------------|--------------|
| a) HCl | f) H_3PO_3 | k) $HClO_3$ |
| b) H_2S | g) H_3PO_2 | l) $HClO_2$ |
| c) H_2SO_4 | h) $H_4P_2O_7$ | m) $HClO$ |
| d) H_2SO_3 | i) HPO_3 | n) H_2CO_3 |
| e) H_3PO_4 | j) $HClO_4$ | |

24 Mauá Têm-se os três ácidos e os valores da tabela, que foram obtidos dissolvendo-se em água à temperatura constante.

	Número de mols dissolvido	Número de mols ionizado
H_2S	10	1
H_2SO_4	3	2
HNO_3	10	8

Calcule o grau de ionização para cada ácido e coloque-os em ordem crescente de sua força de ionização.

25 PUC-PR Da série de ácidos abaixo representada, qual apresenta a mesma classificação, dentro do critério de número de hidrogênios ionizáveis?

- $HNO_3, HNO_2, H_2S, H_2SO_3$
- $H_3PO_4, H_3AsO_3, H_3BO_3, H_3PO_3$
- $H_2SO_4, H_2S_2O_8, H_2CO_3, HMnO_4$
- $H_3CrO_4, H_3AsO_4, HIO_3, HBr$
- $H_3PO_3, H_2Cr_2O_7, H_2SnO_3, H_2SO_4$

26 S.J.Tadeu O ácido cianídrico é o gás de ação venenosa mais rápida que se conhece: uma concentração de 0,3 mg/L de ar é imediatamente mortal. É o gás usado nos estados americanos do norte que adotam a pena de morte por câmara de gás. A primeira vítima foi seu descobridor, Carl Wilhelm Scheele, que morreu ao deixar cair um vidro contendo solução de ácido cianídrico, cuja fórmula molecular é:

- $HCOOH$
- HCN
- $HCNS$
- $HCNO$
- $H_4Fe(CN)_6$

27 UFU Entre os oxiácidos $H_2SO_3, H_3BO_3, HClO_3$ e $HMnO_4$, a ordem crescente de força ácida para esses compostos é:

- $H_2SO_3, HClO_3, H_3BO_3, HMnO_4$
- $HClO_3, HMnO_4, H_2SO_3, H_3BO_3$
- $H_3BO_3, HClO_3, H_2SO_3, HMnO_4$
- $H_3BO_3, H_2SO_3, HClO_3, HMnO_4$
- $HMnO_4, HClO_3, H_3BO_3, H_2SO_3$

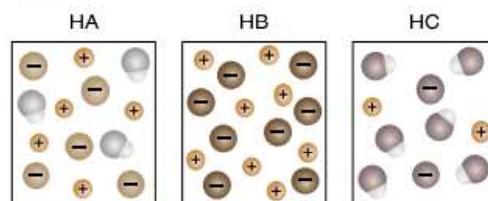
28 UFRGS Admitindo-se 100% de ionização para o ácido clorídrico em solução diluída, pode-se afirmar que essa solução não contém a espécie:

- HCl
- OH^-
- H_3O^+
- H_2O
- Cl^-

29 Uepi Sejam os seguintes ácidos, com seus respectivos graus de ionização (α): $HClO_4$ ($\alpha = 97\%$); H_2SO_4 ($\alpha = 61\%$); H_3BO_3 ($\alpha = 0,025\%$); H_3PO_4 ($\alpha = 27\%$); HNO_3 ($\alpha = 92\%$). Assinale a afirmativa correta.

- H_3PO_4 é mais forte que H_2SO_4 .
- HNO_3 é um ácido moderado.
- $HClO_4$ é mais fraco que HNO_3 .
- H_3PO_4 é um ácido forte.
- H_3BO_3 é um ácido fraco.

30 Fuvest 2010 As figuras a seguir representam, de maneira simplificada, as soluções aquosas de três ácidos, HA, HB e HC, de mesmas concentrações. As moléculas de água não estão representadas.



Considerando essas representações, foram feitas as seguintes afirmações sobre os ácidos.

- HB é um ácido mais forte do que HA e HC.
- Uma solução aquosa de HA deve apresentar maior condutibilidade elétrica do que uma solução aquosa de mesma concentração de HC.
- Uma solução aquosa de HC deve apresentar pH maior do que uma solução aquosa de mesma concentração de HB.

Está correto o que se afirma em:

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

Bases ou hidróxidos

31 A dissolução da soda cáustica em água é um processo exotérmico cujo calor é gerado por:

- solvatação dos íons.
- energia reticular do NaOH.
- decomposição da soda cáustica.
- ruptura de pontes de hidrogênio.
- ligações iônicas formadas.

>> Dica da questão 22: Primeiramente produz-se amônia para depois queimá-la. Dica da questão 25: H_3PO_3 é um diácido. Dica da questão 28: Mesmo em meios fortemente ácidos, há a presença de OH^- , devido ao equilíbrio iônico da água dado por $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

32 Fuvest Qual dos seguintes procedimentos é o mais indicado quando se quer distinguir entre uma porção de água destilada e uma solução de água açucarada, sem experimentar o gosto?

- (a) Filtrar os líquidos.
- (b) Determinar a densidade.
- (c) Medir a condutividade elétrica.
- (d) Usar papel tornassol.
- (e) Decantar os líquidos.

33 Fatec 2006 Leia atentamente a seguinte notícia publicada em jornal.

Alunos tomam soda cáustica durante aula e passam mal

Dezesseis alunos de uma escola particular de Sorocaba, interior de São Paulo, foram internados após tomar soda cáustica durante uma aula de Química. Os alunos participavam de um exercício chamado "teste do sabor": já haviam provado limão, vinagre e leite de magnésia e insistiram em provar a soda cáustica, produto utilizado na limpeza doméstica. Em pouco tempo, os alunos já começaram a sentir os primeiros sintomas: ardência na língua e no estômago, e foram encaminhados ao Hospital Modelo da cidade.

Diário do Grande ABC OnLine. 19 set. 2005. (Adapt.).

Sobre essa notícia, foram feitas as seguintes afirmações.

- I. Os produtos ingeridos pelos alunos (limão, vinagre, leite de magnésia e soda cáustica) são todos ácidos e, por isso, corrosivos.
- II. Tanto o leite de magnésia como a soda cáustica são compostos alcalinos.
- III. A soda cáustica (NaOH) é uma base forte; o leite de magnésia (suspensão de $Mg(OH)_2$) é uma base fraca. Isso ajuda a entender por que o leite de magnésia pode ser ingerido, mas a soda cáustica não.

Dessas afirmações:

- (a) apenas I é correta.
- (b) apenas II é correta.
- (c) apenas III é correta.
- (d) II e III são corretas.
- (e) I e III são corretas.

34 Acafe-SC Certos corantes naturais, contidos em flores e folhas, sofrem mudanças de cor quando o pH do meio é alterado. Por essa razão, tais corantes funcionam como bons indicadores de ácido e base. Folhas de repolho-roxo, por exemplo, imersas em água, formam uma solução violeta. Ao se adicionar vinagre, essa solução do corante fica rosa; ao se adicionar carbonato de sódio, fica verde. Assinale a opção que apresenta corretamente as cores desse indicador natural nos meios indicados.

pH ≈ 2	pH ≈ 7	pH ≈ 12
(a) Rosa	Violeta	Verde
(b) Verde	Rosa	Violeta
(c) Verde	Violeta	Rosa
(d) Violeta	Rosa	Verde
(e) Rosa	Verde	Violeta

35 FEI Num recipiente contendo uma substância A, foram adicionadas gotas de fenolftaleína dando uma coloração rósea. Adicionando-se uma substância B em A, a solução apresenta-se incolor. Com base nessas informações podemos afirmar que:

- (a) A e B são bases.
- (b) A é um ácido e B é uma base.

- (c) A é uma base e B é um ácido.
- (d) A e B são ácidos.
- (e) A e B são sais neutros.

36 Fuvest Verifica-se alteração na cor do chá-mate ao se adicionarem gotas de limão.

- a) Como se explica?
- b) Como retornar à cor original? (Conselho: não beba o chá ao fim da experiência!)

37 Vunesp Uma dona de casa fez a seguinte sequência de operações: 1ª) colocou, em água, folhas de repolho-roxo picado; 2ª) depois de algum tempo, despejou a água, que apresentava cor roxa, em dois copos; 3ª) adicionou vinagre a um copo, e a cor não se modificou; 4ª) adicionou leite de magnésia a outro copo, e a cor tornou-se verde. Os nomes dos processos de separação empregados nas operações 1ª e 2ª, e o nome da substância que dá a coloração ao repolho e à água são, respectivamente:

- (a) filtração, catação e corante.
- (b) evaporação, decantação e titulante.
- (c) extração, decantação e indicador ácido-base.
- (d) solubilização, filtração e indicador ácido-base.
- (e) destilação, decantação e corante.

38 Unisinos-RS Um aluno, trabalhando no laboratório de sua escola, deixou cair uma quantidade de solução alcoólica de fenolftaleína sobre um balcão que estava sendo limpo com sapólio. O local onde caiu a fenolftaleína adquiriu, quase que imediatamente, uma coloração violácea. Esse aluno, observando a mancha violácea, concluiu que:

- (a) o sapólio deve ser um meio ácido.
- (b) o sapólio deve ser um meio alcalino.
- (c) o sapólio deve ser um meio neutro.
- (d) o sapólio tem características de um sal.
- (e) a fenolftaleína removeu o sapólio do local.

39 Osec-SP Uma base forte deve ter ligado ao grupo OH^- :

- (a) um elemento muito eletropositivo.
- (b) um elemento muito eletronegativo.
- (c) um semimetal.
- (d) um metal que dê 3 elétrons.
- (e) um metal.

40 UFSCar 2007 No dia a dia, estamos em contato com diferentes tipos de substâncias químicas como vinagre, produtos de limpeza pesada à base de amoníaco, água sanitária, lava-louças. Esses produtos são exemplos, respectivamente, de:

- (a) base, ácido, oxidante (desinfetante) e detergente.
- (b) ácido, base, oxidante (desinfetante) e detergente.
- (c) detergente, ácido, base e oxidante (desinfetante).
- (d) ácido, base, detergente e oxidante (desinfetante).
- (e) oxidante (desinfetante), ácido, base e detergente.

41 Cite alimentos (ou bebidas) que:

- a) se ingeridas intensificam a azia.
- b) se ingeridas minimizam a azia.

Sais e óxidos

5

FRENTE 2

Trecho do Mar Morto, em que a concentração de sais é tão grande que ocorre a cristalização deles. Ao fundo, os óxidos que compõem a areia. Estudaremos os dois tipos de compostos neste capítulo.

Sais

Definição

Sais são compostos iônicos provenientes da reação de neutralização total ou parcial entre um ácido e uma base de Arrhenius, no mínimo.

Alguns autores costumam estender essa definição da seguinte forma:

São compostos iônicos, em que um dos cátions não é o H^+ e um dos ânions não é o OH^- , pelo menos.

Entretanto, pode parecer, em princípio, que essa definição está correta, o que não é verdade. Existem compostos descritos por essa definição que não são sais, mas podem ser óxidos iônicos, por exemplo, como veremos a seguir. Por isso, que a primeira definição é que deve ser utilizada, pois está estritamente correta. Todas as reações entre ácidos e bases de Arrhenius baseiam-se em um fenômeno único. Veja:

I. Vamos supor um copo de béquer com uma solução aquosa de HCl .

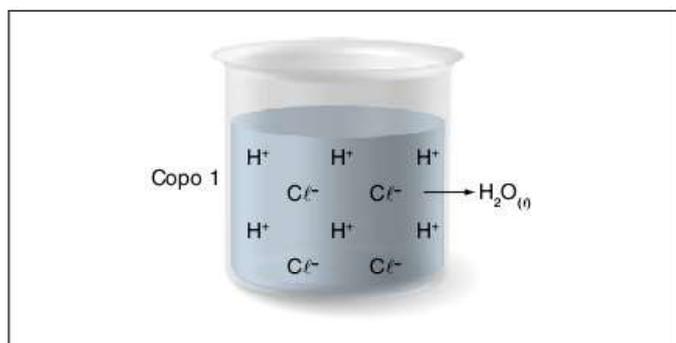


Fig. 1 Copo de béquer contendo $HCl_{(aq)}$

Note que há dois tipos de íons: o cátion H^+ (ou H_3O^+ , se preferir) e o ânion Cl^- . Como já vimos no capítulo anterior, quem dá a característica ácida a essa solução não é o ânion (que pode ser Br^- , I^- , S^{2-} etc.), mas o cátion H^+ (H_3O^+). É ele quem confere a essa solução o sabor azedo, a capacidade de reagir com metais comuns, a capacidade de modificar a coloração de certas substâncias, chamadas de indicadores ácido-base, e assim por diante.

II. Vamos supor um outro copo de béquer com uma solução aquosa de $NaOH$.

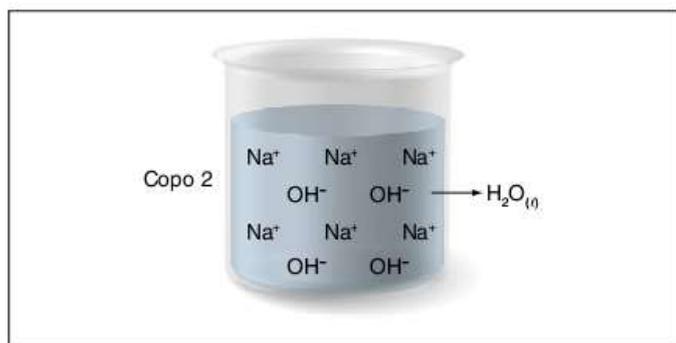
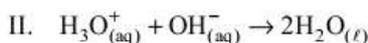
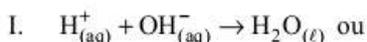


Fig. 2 Copo de béquer contendo $NaOH_{(aq)}$

Neste caso, também há dois tipos de íons: o cátion Na^+ e o ânion OH^- . As características básicas dessa solução independem do cátion (que poderia ser K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} etc.) e têm como responsável o ânion OH^- . É ele quem confere a essa solução o sabor adstringente e tantas outras características básicas.

Se jogarmos o conteúdo dos dois copos de béquer em um terceiro copo, veremos as propriedades ácidas e básicas pondo-se fora de ação, neutralizando-se, através da seguinte equação:



Veja:

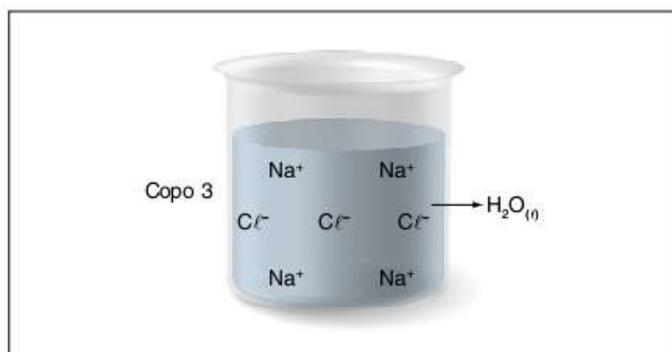
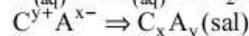
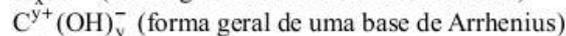
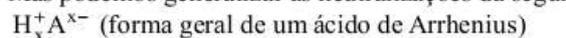


Fig. 3 Copo de béquer após a neutralização entre um ácido e uma base de Arrhenius. Note que o $H^+_{(aq)}$ foi neutralizado e neutralizou o $OH^-_{(aq)}$.

Observação: Na figura 3 (copo 3) desconsideramos a ionização do H_2O , por ser praticamente desprezível.

O que temos agora é $H_2O_{(l)}$, $Na^+_{(aq)}$ e $Cl^-_{(aq)}$. Se aquecermos esse copo ou deixarmos em ambiente aberto, a água evaporará, sobrando o $NaCl_{(s)}$, substância iônica que, na pressão e temperatura ambientes, é sólida. Pois essa substância é um sal.

Tudo que vimos se refere a um caso particular, o do $NaCl_{(s)}$. Mas podemos generalizar as neutralizações da seguinte forma:



As cargas invertidas que transformam-se em índices podem ser explicadas pelas ligações químicas.

Essa é a formulação geral de um sal.

Contudo, é preciso dar nomes aos sais. A regra da IUPAC é fácil, como mostra a tabela a seguir.

Nome do ácido (terminação)	Nome do ânion (terminação)
ídrico	eto
ico	ato
oso	ito

Tab. 1 Terminação do nome dos ânions a partir da terminação de seus ácidos geradores.

ATENÇÃO!

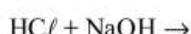
Nome do sal = nome do ânion + nome do cátion.
O nome do cátion é o próprio nome do metal que o gera.

Antes de começarmos a analisar as reações de neutralização, é importante salientar que não só o H^+ é neutralizado pelo OH^- , mas também são neutralizadas todas as características ácidas, como sabor, poder corrosivo etc. E, da mesma forma, isto ocorre com as bases e suas propriedades.

Com essas informações iniciais, já é possível estudarmos, por completo, as reações de neutralização total.

Neutralização total

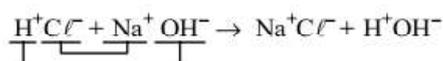
São reações entre ácidos e bases de Arrhenius em que não há sobra de H^+ ou de OH^- . Vamos começar com um exemplo bem conhecido, explicitando passo a passo os procedimentos adotados.



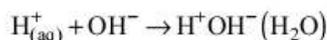
Primeiramente, devemos determinar as cargas de todos os cátions e ânions dos reagentes. Para tanto, lembremos algumas regras práticas.

1. O hidrogênio dos ácidos é sempre H^+ .
2. A hidroxila das bases é sempre OH^- .
3. A fórmula geral de um ácido é H_xA , em que A é um ânion de carga $-x$.
4. A fórmula geral de uma base é $C(OH)_y$, em que C é um cátion de carga $+y$.
5. Nas reações de neutralização, sejam totais ou parciais, não há variação de cargas.

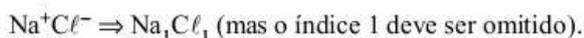
Com isso:



Perceba que sempre ocorrerá a junção entre H^+ e OH^- , já que esse é o princípio básico da neutralização, que pode ser equacionado por:



Além disso, o cátion da base une-se ao ânion do ácido para formar o sal. Da teoria de ligações químicas, temos como regra que o cátion vem antecedendo o ânion. Logo:

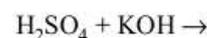


Portanto, a reação completa, com balanceamento e nomenclatura, pode ser equacionada da forma a seguir.

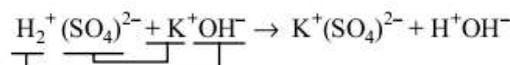


Note que, neste caso, a equação já está balanceada, ou seja, o número de átomos nos reagentes é igual ao número de átomos dos produtos.

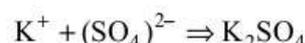
Vejamos agora outro exemplo.



Primeiramente, determinemos as cargas:



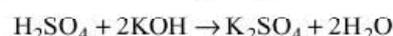
Determinemos a fórmula do sal formado:



Com isso:

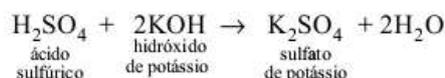


Para balancearmos essa equação (e todas as outras neutralizações totais), o segredo está sempre em olhar, primeiramente, para o sal, que tem $2K^+$ e $1SO_4^{2-}$. Logo:



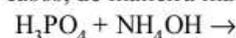
Observe que $1SO_4^{2-}$ nos produtos necessita de $1SO_4^{2-}$ nos reagentes. E que $2K^+$ nos produtos necessita de $2K^+$ nos reagentes. Por isso, os dois primeiros coeficientes são 1 e 2, respectivamente. Sobre o número de H_2O , é fácil: na grande maioria das vezes, o coeficiente do ácido vezes o da base é o valor procurado. (Logo adiante, você saberá em que situação isso não ocorre.)

Completando, temos:

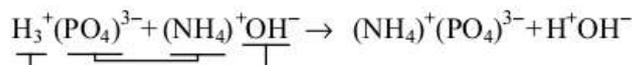


Observação: O coeficiente 1 pode ser omitido.

Vamos a outros casos, de maneira mais direta:



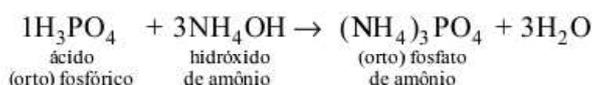
Determinando as cargas, temos:



Logo:

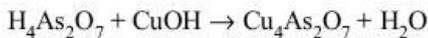
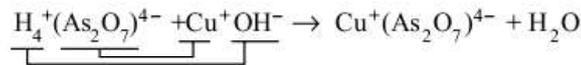
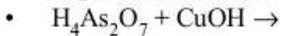


Com o balanceamento, temos:

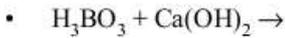
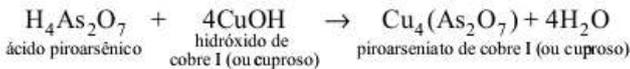


Observação: Note que, quando o índice de um radical é 1, não há necessidade de parênteses.

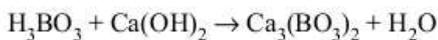
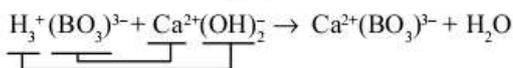
Seguindo o mesmo caminho, analise estas outras:



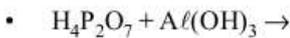
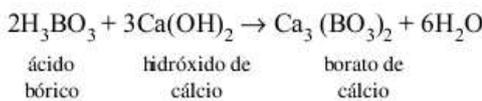
Balaceando (olhe primeiramente para o sal):



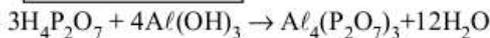
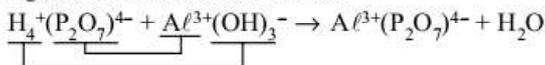
Determinando as cargas, temos:



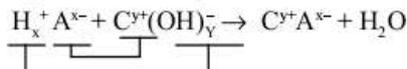
Balaceando, temos:



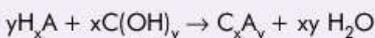
Agora, de maneira mais direta:



Note que, genericamente, podemos escrever:



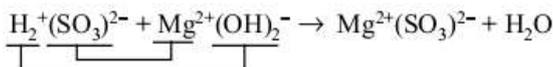
ATENÇÃO!



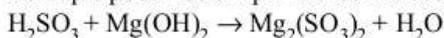
Forma geral da neutralização total entre um ácido e uma base de Arrhenius.

Porém, em alguns casos, os números x e y são simplificáveis.

Veja:



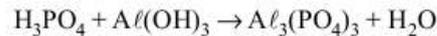
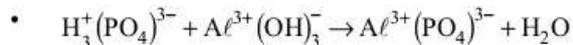
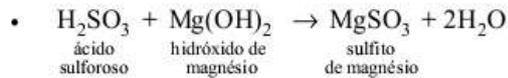
Note que podemos simplificar os índices do sal por 2:



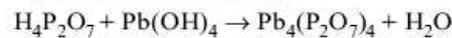
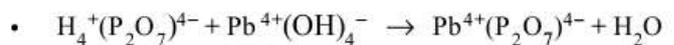
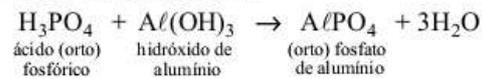
Com isso, o balanceamento pelo método já visto sofre algumas modificações:

- olhe, primeiramente, para o sal e ajuste os coeficientes do ácido e da base;

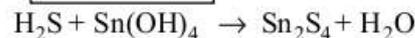
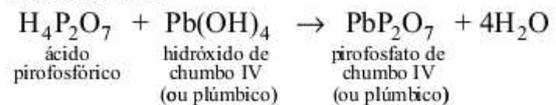
- o coeficiente da água não é mais xy. Se você simplificou por 2, multiplique xy por 2. Se você simplificou por 3, multiplique xy por 3, e assim por diante. Com isso, a equação anterior fica:



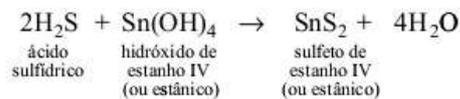
Com o balanceamento:



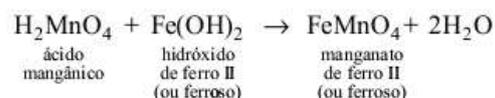
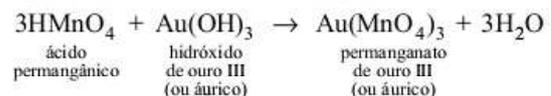
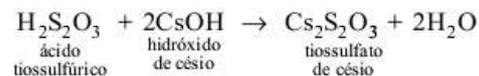
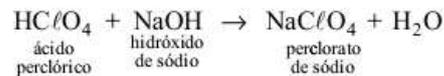
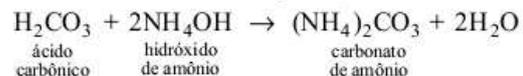
Balaceando:



Balaceando:



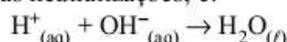
Observe mais estes exemplos: (feitos de forma direta)



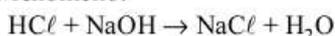
É importante salientar, ainda, que os sais não vêm exclusivamente das reações de neutralização (como sugere a definição), mas todos podem ser obtidos a partir desses fenômenos.

Dois cuidados ainda devem ser tomados com relação aos sais e às reações de neutralização.

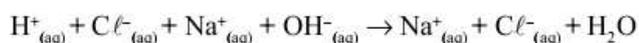
- I. No caso dos ácidos e das bases, existiam características peculiares destes compostos, como sabor, propriedades corrosivas etc. No caso dos sais, não existem grupos funcionais típicos, como H^+ (ou H_3O^+) e OH^- . Talvez a única característica mais geral dos sais é o sabor salgado, mas existem muitos sais amargos, e a grande maioria é constituída de compostos tóxicos.
- II. Na realidade, a única reação química que ocorre, e é comum a todas as neutralizações, é:



Tomemos o fenômeno:



Esta reação só ocorre em solução aquosa. Nesse caso, lembre-se de que o ácido se ioniza; a base e o sal, por serem compostos iônicos, dissociam-se. Assim, temos:



Não há problema algum em tratar equações químicas como se fossem equações matemáticas. Com isso, podemos cancelar o $Na^+_{(aq)}$ e o $Cl^-_{(aq)}$, sobrando $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$

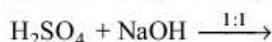
Quimicamente, H^+ reagiu com OH^- , e o Na^+ e o Cl^- estavam no sistema, mas não tiveram a menor participação no fenômeno. São como figurantes de filmes e novelas: estão lá, mas não atuam. Tente você mesmo verificar isso com outras reações de neutralização.

Neutralização parcial

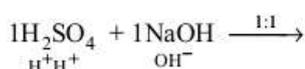
São reações químicas entre ácidos e bases de Arrhenius, em que há sobra de H^+ ou de OH^- , que ficará incorporada à estrutura do sal, tornando-o um sal ácido ou básico, respectivamente.

O princípio básico das reações de neutralização parcial é o mesmo das reações de neutralização total: cada H^+ reage com um OH^- para formar uma água.

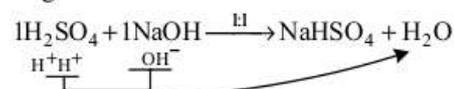
Começemos pelas reações de neutralização parcial que dão origem aos sais ácidos (ou hidrogeno-sais):



Em cima da seta que indica reação química, existe a simbologia que indica 1:1. Isso significa que ácido e base, respectivamente, estão reagindo na proporção de 1 para 1. Na verdade, esses números indicam os coeficientes dos reagentes, nessa mesma ordem. Então, temos:



Note que o ácido possui $2H^+$ e a base possui $1OH^-$. Cada H^+ reage com $1OH^-$. Com isso:

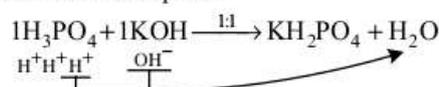


A reação de $1H_2SO_4$ e de $1NaOH$ forma $1H_2O$. Para escrever a fórmula do sal, basta alocar o cátion da base primeiramente, e o ânion do ácido por último. Entre um e outro, coloque as sobras de H^+ ou de OH^- , conforme o caso. No caso do $NaHSO_4$, este é um sal ácido ou um hidrogeno-sal.

Para dar nome a ele, existem duas possibilidades:

$NaHSO_4$ – hidrogeno-sulfato de sódio ou sulfato ácido de sódio.

Vejamos outros exemplos:



Agora são $3H^+$ reagindo com $1OH^-$ formando $1H_2O$. Os dois H^+ que sobraram incorporam-se à estrutura do sal, que sempre respeita a ordem de cátion primeiro, ânion por último e a sobra no meio.

O nome do sal é:

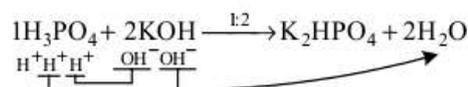
KH_2PO_4 – di-hidrogeno (orto) fosfato de potássio ou (orto) fosfato diácido de potássio.

ATENÇÃO!

Já que a proporção indica $2K^+$, é obrigatório que você tenha $2K^+$ depois.

Os prefixos *mono*, *dri*, *tri* só são válidos para indicar as sobras de H^+ ou de OH^- nos sais. Não vale para o resto.

Mas essa não é a única reação de neutralização parcial entre esses compostos. Veja que, na proporção de 1 para 2, respectivamente, ainda há a sobra de $1H^+$. Equacionando:

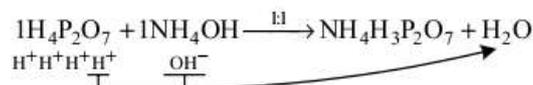


Observe que, agora, existem $3H^+$ para cada $2OH^-$ e isso irá formar $2H_2O$. A sobra de $1H^+$ é alocada entre os dois potássios (cátions) e o (orto) fosfato (ânion).

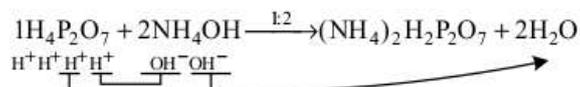
O nome do sal é:

K_2HPO_4 – (orto) fosfato ácido de potássio ou hidrogeno (orto) fosfato de potássio.

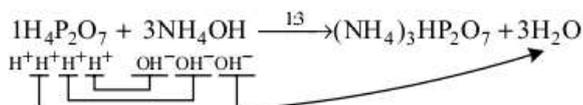
Agora, de maneira mais direta:



$NH_4H_2P_2O_7$ – tri-hidrogeno pirofosfato de amônio ou pirofosfato triácido de amônio.



$(NH_4)_2H_2P_2O_7$ – di-hidrogeno pirofosfato de amônio ou pirofosfato diácido de amônio.

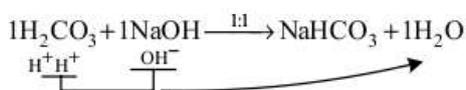


$(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7$ – hidrogeno pirofosfato de amônio ou pirofosfato ácido de amônio.

ATENÇÃO!

Não una os hidrogênios no NH_4^+ às sobras de H^+ . Estes são hidrogênios ionizáveis e, aqueles, não.

Existe uma reação de neutralização parcial que mostra a formação de um dos principais sais ácidos do uso cotidiano, como mostrado na equação a seguir:



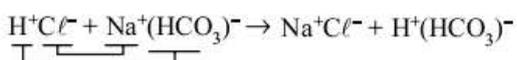
NaHCO_3 – hidrogeno-carbonato de sódio ou carbonato ácido de sódio.

Este sal pode ainda receber um 3º nome: bicarbonato de sódio. Isso se deve ao fato de, genericamente, chamar-se o carbonato ácido de bicarbonato e o sulfato ácido de bissulfato. Essa regra não vale somente para quando o cátion é o Na^+ , mas também para todos os outros cátions.

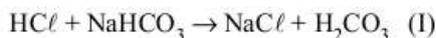
As aplicações do bicarbonato de sódio no cotidiano são inúmeras:

- como antiácido efervescente

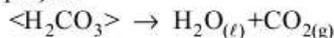
Apesar do bicarbonato de sódio ser classificado como sal ácido, ele é um composto que apresenta características tipicamente básicas, principalmente no que se refere à neutralização de ácidos, como mostra a equação abaixo.



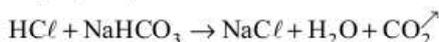
Continuando o mesmo raciocínio de equações anteriores, temos:



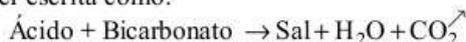
Mas, lembre-se: o ácido carbônico é muito instável e decompõe-se em água e gás carbônico com muita facilidade, de acordo com a equação:



Logo, a equação I pode ser escrita definitivamente como:

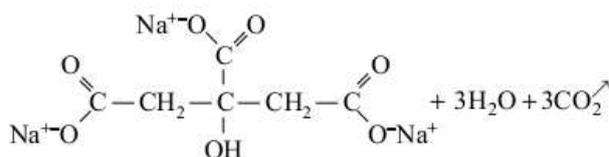
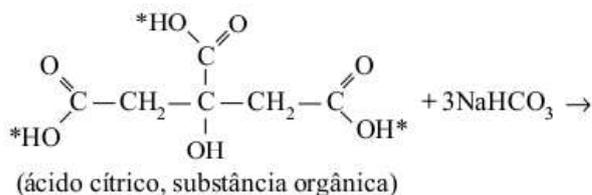


Genericamente, a equação entre um ácido e um bicarbonato pode ser escrita como:



Pensemos então em um sal de frutas. Sua composição principal é bicarbonato de sódio e ácido cítrico, um ácido que vem de frutas cítricas como laranja e limão.

Observação: Os H^* são os hidrogênios ionizáveis.

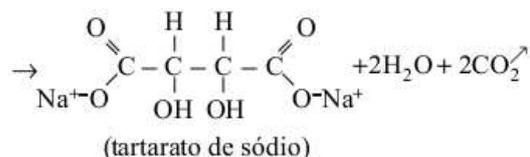
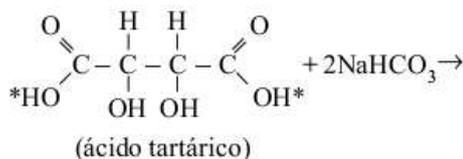


(citrato de sódio, sal de frutas)

Agora, o nome “sal de frutas” deve parecer óbvio, já que o citrato de sódio formado é de fato um sal, proveniente de um ácido que, por sua vez, é proveniente de frutas. O poder antiácido desta combinação de substâncias deve-se ao fato do bicarbonato de sódio neutralizar, além do ácido cítrico, o excesso de suco gástrico (HCl) que vem do estômago e vai para o esôfago. A efervescência é decorrência do gás carbônico formado quando a reação se inicia em solução aquosa.

- como fermento

O princípio básico é o mesmo da aplicação anterior, mas o ácido utilizado é um outro composto chamado de ácido tartárico. Veja:



Aqui, o sal formado não é o princípio ativo do fermento, e sim o gás carbônico liberado durante a reação (mesmo fora do forno), que tem a capacidade de afofar e estufar a massa do pão ou do bolo. Para saber se já estufou o suficiente fora do forno, as donas de casa adotam o seguinte procedimento:

- I. Toma-se uma pequena porção da massa, faz-se uma bola e joga-se a mesma em um copo-d'água. A pequena bola afunda, pois tem densidade maior que 1 g/cm^3 (densidade da água).

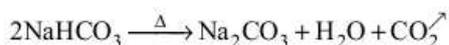


Fig. 4 Porção de massa de pão submersa em água.

II. A mesma reação que ocorre na massa do pão também ocorre na pequena porção de massa. Com a liberação de $\text{CO}_{2(g)}$ dentro da porção, a sua massa permanece a mesma, o volume aumenta e, então, a densidade da massa diminui, fazendo com que fique menor que a da água. Com isso, a pequena bola sobe e é hora de colocar o pão para assar.

Porém, mesmo dentro do forno, o pão continua crescendo. Por quê?

Neste caso, o fenômeno é outro. Com o aquecimento, a sobra de bicarbonato de sódio no fermento sofre uma outra reação química, chamada de reação de decomposição, segundo a seguinte equação:



Com essa liberação extra de $\text{CO}_{2(g)}$, a massa tende a crescer ainda mais no forno.

Observação: O símbolo Δ acima da seta indica que a reação química ocorre com aquecimento.

- como extintor de incêndio

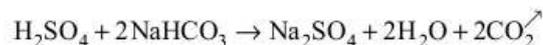
Existem alguns tipos de extintores de incêndio, mas um deles é a base de CO_2 . Um extintor desse tipo pode ser esquematizado da seguinte forma:



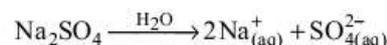
Fig. 5 Configuração simplificada de um extintor de incêndio.

Note que, no caso dos extintores, ácido e bicarbonato de sódio estão em compartimentos separados. Isso ocorre para

que a reação só se processe no momento certo. Em caso de incêndio, o usuário deve virar o extintor de cabeça para baixo e, em seguida, endireitá-lo, para que ocorra a reação representada pela seguinte equação:



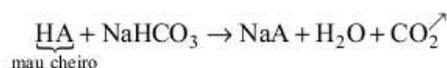
Uma espuma de CO_2 irá apagar o fogo, como mostra a equação anterior. Mas cuidado! As precauções escritas no extintor atentam para o fato de não se poder usá-lo na rede elétrica. Isso porque há também a formação do sal, que em solução aquosa se dissocia da seguinte forma:



Com isso, a solução é eletrolítica e, portanto, capaz de conduzir corrente elétrica. O usuário pode morrer eletrocutado.

- como desodorante

O mau cheiro produzido nas axilas é decorrente da exalação de um ácido orgânico razoavelmente volátil, que, por simplicidade, representaremos por HA. Com isso:



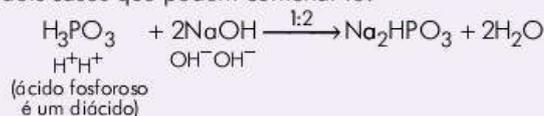
O bicarbonato de sódio é usado como desodorante principalmente em talcos.

É importante lembrar, ainda, que certas donas de casa, que optam por fazer molho de tomate caseiro, costumam disfarçar o sabor excessivamente ácido dos tomates adicionando açúcar. Entretanto, o açúcar apenas disfarça o sabor azedo, mas não o neutraliza. Para neutralizar o excesso de ácido, basta adicionar o bicarbonato de sódio.

Infelizmente, o bicarbonato de sódio também é usado na fabricação do crack.

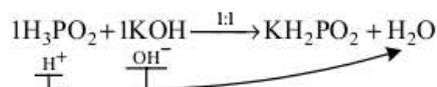
ATENÇÃO!

Há dois casos que podem confundir-lo!



O sal Na_2HPO_3 não é um sal ácido, pois o hidrogênio não é ionizável. É por isso que o nome dele não apresenta as palavras hidrogeno ou ácido. O nome do sal é fosfito de sódio.

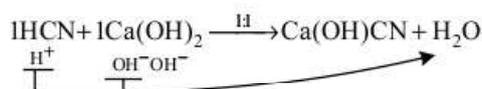
O mesmo ocorre com o H_3PO_2 , que é um monoácido. Veja:



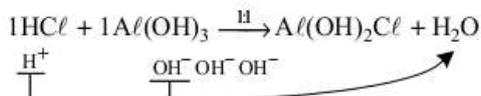
O sal formado é neutro, e não ácido, pois seus hidrogênios não são ionizáveis. O nome do sal é hipofosfito de potássio.

Mas, além de sobrar H^+ em um sal, também pode sobrar OH^- e o sal poderá ser chamado de sal básico ou de hidróxi-sal.

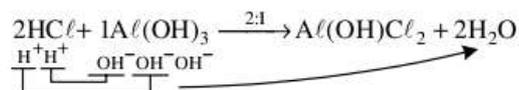
Observe os exemplos abaixo:



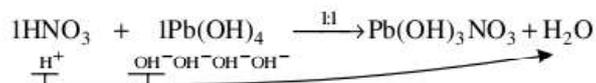
Ca(OH)CN – cianeto básico de cálcio ou hidróxicianeto de cálcio.



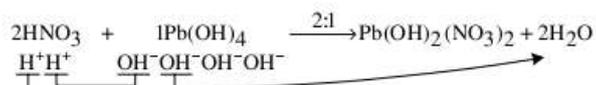
Al(OH)₂Cl – cloreto di-básico de alumínio ou di-hidróxi-cloreto de alumínio.



Al(OH)Cl₂ – cloreto básico de alumínio ou hidróxi-cloreto de alumínio.



Pb(OH)₃NO₃ – nitrato tri-básico de chumbo IV (ou plúmbico) ou tri-hidróxinitrato de chumbo IV (ou plúmbico).

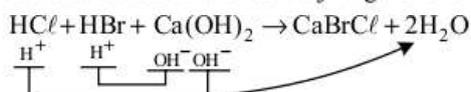


Pb(OH)₂(NO₃)₂ – nitrato di-básico de chumbo IV (ou plúmbico) ou di-hidróxinitrato de chumbo IV (ou plúmbico).

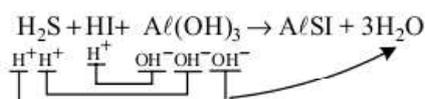
Sais duplos ou mistos

São sais provenientes da reação de neutralização entre dois ácidos e uma base ou um ácido e duas bases.

Com isso, um sal duplo ou misto tem, pelo menos, dois cátions ou dois ânions. Suponha que, em um copo de béquer, em vez de adicionarmos uma solução de um único ácido, podemos adicionar duas de ácidos diferentes. Veja alguns exemplos:

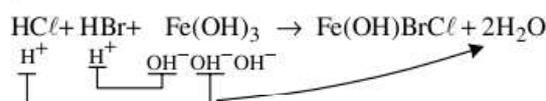


Muitos estudantes se perguntam se a ordem dos ânions importa. A IUPAC recomenda que os elementos e radicais sejam escritos em ordem crescente de eletronegatividade. Como o cálcio é o cátion, ele deve ser escrito primeiro. A maior dúvida é no caso dos ânions. Como o bromo é menos eletronegativo que o cloro, este deve ser escrito por último. No caso do nome, a IUPAC recomenda que se escreva o mesmo em ordem decrescente de eletronegatividade. Portanto, o nome correto desse sal duplo é *cloreto-brometo de cálcio*.



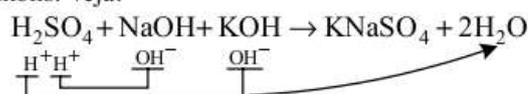
O iodo é mais eletronegativo que o enxofre, por isso é escrito por último. O nome do sal é *iodeto-sulfeto de alumínio*.

Um caso mais raro é da formação de um sal duplo ácido ou básico, mas nada impede que isso ocorra, como mostrado a seguir:

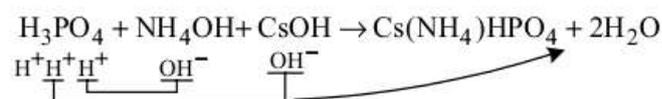


Fe(OH)BrCl – cloreto-brometo básico de ferro III (ou férrico).

Os sais duplos também podem ter dois cátions em vez de dois ânions. Veja:



O potássio foi escrito primeiramente porque é mais eletropositivo que o sódio. Então, o nome do sal é *sulfato duplo de sódio e potássio*. A palavra duplo é sempre utilizada para sais com dois cátions.



Cs(NH₄)HPO₄ – (orto) fosfato ácido duplo de amônio e célio ou hidrogeno-(orto) fosfato duplo de amônio e célio.

Existe, ainda, uma outra maneira de formarmos sais duplos ou mistos, que não seja pela reação entre dois ácidos e uma base ou vice-versa. Quando há dois sais em solução aquosa, evapora-se a água, eles sofrem o processo de cristalização simultaneamente, podendo formar um único sal duplo. Por exemplo:



Fig. 6 Formação de sal duplo por evaporação do solvente.

Em um caso muito particular e importante, podemos ter uma solução aquosa de K₂SO₄ e Al₂(SO₄)₃. Quando a água evapora e os dois sais cristalizam, forma-se um sal duplo ou misto, de fórmula KAl(SO₄)₂, chamado de *sulfato duplo de alumínio e potássio*.

Todavia, este sal e mais um pequeno grupo de outros sais apresentam uma propriedade importantíssima chamada de higroscopia. Graças a essa propriedade, este e outros sais são capazes de incorporar água (até mesmo da umidade do ar) à sua própria estrutura. O número de moléculas de água incorporadas varia de sal para sal. No caso do KAl(SO₄)₂, o mesmo é capaz de incorporar

doze moléculas de água, tomando-se $KAlSO_4 \cdot 12H_2O$ e passa a ser chamado de *sulfato duplo de alumínio e potássio dodecahidratado*, mas é muito mais conhecido como alúmen. Esses sais capazes de incorporar água à sua estrutura são chamados também de sais hidratados.

Observação: A palavra "higroscópio" indica grande afinidade com a água.

Veja mais alguns exemplos:

- $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ – sulfato de sódio decahidratado.
- $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ – sulfato de cobre II (ou cúprico) pentahidratado.
- $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ – cloreto de cálcio dihidratado.
- $CaCl_2 \cdot 4H_2O$ – cloreto de cálcio tetrahidratado.

É importante salientar que os sais anidros (sem água) e seus respectivos sais hidratados apresentam propriedades completamente diferentes, inclusive no aspecto.

Solubilidade e dissociação dos sais

Os sais, como já vimos, são compostos iônicos e, por isso, apresentam altos pontos de fusão e de ebulição. Além disso, todos eles se dissociam em solução aquosa, uns mais e outros bem menos. A capacidade de dissociação de um sal está intimamente relacionada à sua solubilidade em água, já que um grupo bastante grande deles é praticamente insolúvel nesse solvente. Quando isso ocorre, apesar do sal solubilizado sofrer dissociação, a quantidade de íons livres presentes é praticamente insignificante, o que torna essas substâncias eletrólitos fracos. Neste caso, na experiência da lâmpada, ela acenderia com uma intensidade muito baixa, já que a maior parte do sal está no estado sólido e, portanto, seus íons presos são incapazes de conduzir corrente eletrolítica.

Para saber quais são os sais praticamente insolúveis em água, não há regras simples. Deve-se adicionar cada um deles em um béquer com água e analisar a sua respectiva solubilidade. É um trabalho penoso e cansativo, e mesmo impossível de ser realizado por um pequeno grupo de pessoas. Portanto, reuniram-se essas informações em *handbooks*, livros enormes com o valor de solubilidade de diversos sais (os valores de solubilidade de substâncias salinas e outras serão analisados no próximo capítulo desta mesma frente). Todavia, se formos analisar de forma geral, podemos encontrar algumas regras e suas principais exceções.

Porém, é importante salientar que esse conjunto de regras é válido para a temperatura ambiente, já que a solubilidade de um sal varia com a temperatura. Aqui vão elas.

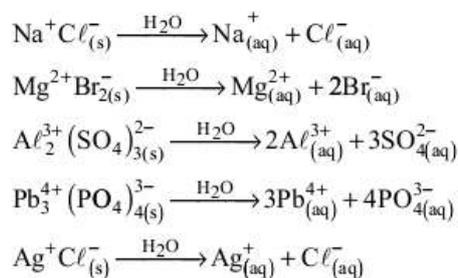
- Todos os sais com cátions da família 1A (grupo I) e NH_4^+ são solúveis.
- Todos os sais em que o ânion for nitrato (NO_3^-), clorato (ClO_3^-), ou acetato (CH_3COO^-) são solúveis.
- Praticamente todos os sais de cloretos (Cl^-), brometos (Br^-) e iodetos (I^-) são solúveis, exceto quando o cátion for Ag^+ , Pb^{2+} e Hg^{2+} . Sais como $AgCl$ (precipitado branco) e PbI_2 (precipitado amarelo) são, praticamente, insolúveis.
- Praticamente todos os sais de sulfatos (SO_4^{2-}) são solúveis, exceto quando o cátion for Ca^{2+} , Ba^{2+} , Sr^{2+} e Pb^{2+} .
- Praticamente todos os sais de sulfetos (S^{2-}) são quase totalmente insolúveis, menos para os cátions das famílias 1A, 2A e o NH_4^+ que tornam o íon sulfeto solúvel.
- Praticamente todos os sais formados pelos demais ânions são quase totalmente insolúveis, excetuando-se evidentemente aqueles em que os cátions são da família 1A ou o NH_4^+ .
Todavia, como já dissemos, essa é uma regra generalizada, em que existe ainda um grande número de exceções, mas de importância irrelevante para o vestibular. Vale salientar, ainda, que a memorização destes dados é de fundamental importância para o estudo das reações de dupla troca, a ser visto futuramente, nesta mesma frente. Para que você memorize com bastante facilidade, a seguinte tabela o ajudará:

Ânions	Regra geral	Exceções
NO_3^- , ClO_3^- , CH_3COO^-	solúveis	—
Cl^- , Br^- , I^-	solúveis	Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+}
SO_4^{2-}	solúveis	Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+}
S^{2-}	insolúveis	1A, 2A e NH_4^+
demais	insolúveis	1A e NH_4^+

Tab. 2 Tabela de solubilidade de sais em água, à temperatura ambiente.

Com relação à dissociação dos sais, quando em solução aquosa, o princípio é o mesmo da dissociação das bases.

Veja alguns exemplos:



Uso cotidiano dos principais sais

Sal	Ocorrência e/ou uso
NaCl	Encontrado dissolvido nos mares e em jazidas de sal-gema; é o sal de cozinha usado como tempero. Serve também como conservante de alimentos e já foi usado, na Antiguidade, como moeda, tal seu valor. Pelas leis brasileiras, deve ser vendido com iodo, para evitar problemas de tireoide.
NaNO_3	Conhecido como salitre do Chile, é usado na ração animal e na confecção do explosivo pólvora.
KNO_3	Utilizado na fabricação de explosivos em geral e, por isso, sua venda é controlada pelas Forças Armadas.
NaCN	Sal extremamente venenoso. Pode matar uma pessoa, mesmo se ingerido em pequeníssimas quantidades.
$\text{NaF}/$ SnF_2 $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$	Utilizados como aditivo em cremes dentais para fortalecer a hidroxiapatita do dente, transformando-a em flúorhidroxiapatita, muito mais resistente à ação de cáries. Muitos leigos acreditam que o aditivo seja apenas flúor (F_2), mas esta substância é, na realidade, um gás amarelo, tóxico e altamente explosivo em contato com a água. O verdadeiro aditivo é o fluoreto (F^-).
CaCO_3	Encontrado em jazidas de calcário, é um sal que pode ser utilizado na construção civil, e como corretor de acidez excessiva do solo. Quando encontrado bem compactado, como na cidade de Carrara, na Itália, pode ser usado como mármore, para pias de cozinha e de banheiro.
$\text{CaSO}_4/$ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Sais utilizados como matéria-prima de gessos para imobilizar membros fraturados ou rebaixar tetos em construção civil. É encontrado em jazidas de gipsita.
$\text{AgCl}/$ AgBr	Sal praticamente insolúvel em água. Serve para fabricação de espelhos, de filmes e papel para revelação em fotos preto e branco, na fabricação de lentes fotocromáticas e atualmente pode ser utilizado na fabricação de soluções bucais para aqueles que desejam parar de fumar, pois, na presença da fumaça de cigarro, produz um sabor horrivelmente amargo e nauseante.
Na_2SO_4	Também conhecido como sal de Glauber; é utilizado e ingerido por pessoas com o intestino preso. As substâncias que possuem esta propriedade são chamadas de laxantes.
MgSO_4	Sal de sabor extremamente amargo; é encontrado na água do mar e constitui uma das principais impurezas do sal de cozinha, antes de purificá-lo. Também é usado como laxante.
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	Sal utilizado como fertilizante e principal substância das dolorosas e perigosas pedras nos rins. Um dos grandes constituintes de ossos e dentes.
NaClO	Utilizado como desinfetante e alvejante em água sanitária ou água de lavadeira.
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Sal utilizado como corretor de pH em piscinas, para tornar a água mais ácida. Também chamado, tecnicamente, de pH^- . Usado como floculador em estações de tratamento de água.
Na_2CO_3	Também utilizado como corretor de pH em piscinas, mas toma a água alcalina; por isso, também é chamado, tecnicamente, de pH^+ .
Li_2CO_3	Utilizado em remédios como o gardenal, para evitar leves distúrbios mentais e depressões.
BaSO_4	Sal que melhora a imagem de radiografias por permitir um melhor contraste.

Tab. 3 Descrições dos principais sais.

Óxidos

Definição, formulação e nomenclatura

Óxidos são compostos binários em que o oxigênio é sempre o elemento químico mais eletronegativo.

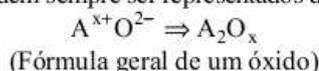
Entende-se por compostos binários aqueles que possuem dois elementos. Por ternários, três elementos; e por quaternários, quatro elementos.

Portanto, além do oxigênio em um óxido, existe um outro elemento químico que chamaremos, genericamente, de **A** que, por sua vez, terá carga $+x$. Certamente que a carga de **A** é positiva, já que em um óxido, o oxigênio sempre terá carga negativa. Esse elemento **A** pode ser um metal ou um ametal. No caso de **A** ser metal, a ligação entre **A** e o oxigênio é iônica, e o óxido será iônico

e certamente sólido. Se **A** for ametal, a ligação entre **A** e o oxigênio é covalente e, portanto, o óxido será molecular, podendo ser sólido, líquido ou gasoso. Por exemplo:

- o composto SO_2 é binário, e o elemento mais eletronegativo é o oxigênio (portanto, o composto é um óxido). Como o elemento genérico **A** é o enxofre (um ametal), este é um óxido molecular.
- o composto FeO é binário, e o elemento mais eletronegativo é o oxigênio (portanto, o composto também é um óxido). Como o elemento genérico **A** é o ferro (um metal), este é um óxido iônico.
- o composto OF_2 é binário. Mas, neste caso, o elemento químico mais eletronegativo é o flúor e, portanto, esta substância *não* é um óxido.

Entretanto, seja o elemento **A** genérico um metal ou um ametal, os óxidos podem sempre ser representados da seguinte forma:



Para se dar nome aos óxidos, a regra mais utilizada é a seguinte:

- I. quando o elemento **A** for um metal (e, portanto, o óxido for iônico), dá-se a palavra óxido, a preposição de e o nome do metal. Se o metal puder formar dois óxidos diferentes, coloca-se o nox do metal em romanos ou utilizam-se as terminações ico e oso, como no caso das bases ou hidróxidos. Esquemáticamente, temos:

óxido de + nome do metal + $\underbrace{\text{nox em romanos ou } \begin{matrix} \text{ico} \\ \text{oso} \end{matrix}}_{\text{se necessário}}$

- II. quando o elemento **A** for um ametal (e, portanto, o óxido for molecular), utilizam-se os prefixos *mono*, *di*, *tri*, *tetra*, *penta* etc. para indicar o número de átomos do elemento **A** e também do oxigênio. O prefixo *mono* pode ser omitido.

Esquemáticamente, temos:

Mono	—	Mono	—
di	óxido de	di	nome do elemento A
tri	—	tri	—
⋮	—	⋮	—

Tab. 4 Prefixo dos óxidos.

Todavia, muitos vestibulares aplicam a 2ª regra em todos os casos e você não deve estranhar isso. A melhor tática é dar nomes pelas regras acima e, quando ler um nome, aplicar a regra mais conveniente para descobrir a fórmula do composto.

Apliquemos as regras nos exemplos a seguir:

- Fe_2O_3 – óxido de ferro III (ou férrico)
- FeO – óxido de ferro II (ou ferroso)
- Al_2O_3 – óxido de alumínio
- Na_2O – óxido de sódio
- CaO – óxido de cálcio
- Cu_2O – óxido de cobre I (ou cuproso)
- CuO – óxido de cobre II (ou cúprico)
- CO – monóxido de carbono

- CO_2 – dióxido de carbono
- N_2O_3 – trióxido de dinitrogênio
- N_2O_5 – pentóxido de dinitrogênio
- SO_3 – trióxido de enxofre
- SO_2 – dióxido de enxofre
- N_2O_4 – tetróxido de dinitrogênio

Mas não se assuste se aparecerem nomes da seguinte forma:

- Fe_2O_3 – trióxido de ferro
- Pb_3O_4 – tetróxido de trichumbo
- Cr_2O_3 – trióxido de dicromo

Ainda sobre os óxidos, devemos salientar que são compostos de propriedades muito variadas, pois existem os moleculares e também os iônicos. Alguns são excelentes eletrólitos, outros nem tanto. Alguns são sólidos, outros são líquidos e outros são gasosos. Uns são extremamente estáveis, outros chegam a explodir devido às suas instabilidades. Como não há propriedades gerais para os óxidos, costuma-se dividi-los em 7 grupos menores, cada grupo com características mais peculiares. São eles:

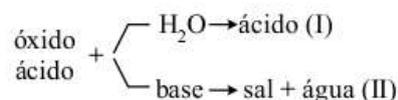
- óxidos ácidos
- óxidos básicos
- óxidos anfóteros
- óxidos neutros
- óxidos duplos
- peróxidos
- superóxidos

Devemos ter cuidado com a nomenclatura, pois cada um desses grupos ainda reserva uma regra particular.

Óxidos ácidos

São óxidos formados por ametais ou até mesmo metais de carga (nox) maior que +5, que quando reagem com água geram ácidos e quando reagem com bases geram sal e água.

Esquemáticamente:

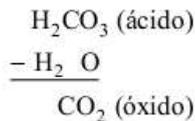


Vejamos alguns exemplos das equações do tipo (I):

- I. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
(reação com rendimento baixo)

Note que o elemento genérico **A** é um ametal (carbono) e, portanto, o óxido é ácido. Mas, a partir do óxido, como saber qual a fórmula do ácido formado? Muitos autores sugerem que você descubra pela carga do elemento **A**, que não deve mudar. Na realidade, essa regra não ajuda muito. Existe uma regra prática bem mais simples: some todos os átomos dos reagentes, que você irá obter o ácido correto nos produtos. No caso acima, temos dois hidrogênios antes, então escreva dois hidrogênios depois; temos um carbono antes, então escreva um carbono depois; temos três oxigênios antes, então escreva três oxigênios depois. Simples, não é?

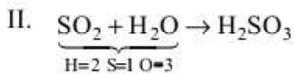
Agora, verificaremos o seguinte:



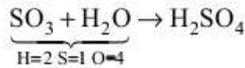
Um óxido ácido é, na verdade, um ácido desidratado, sem água. A palavra em Química que designa um composto desidratado ou sem água é anidro ou anidrido.

Graças a este fato, o CO_2 pode ter os seguintes nomes:

- dióxido de carbono (regra geral);
- anidrido carbônico (regra particular dos óxidos ácidos, em que se escreve anidrido + nome do ácido formado);
- gás carbônico (nome usual).

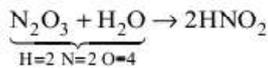


- SO_2 - dióxido de enxofre
 - anidrido sulfuroso



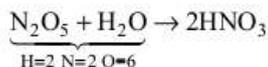
- SO_3 - trióxido de enxofre
 - anidrido sulfúrico

Note que as três equações anteriores são as formadoras de chuva ácida, como visto no texto complementar do capítulo anterior desta mesma frente. As duas a seguir também causam este grave problema ambiental.



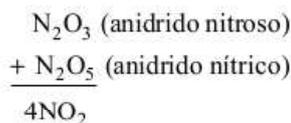
- N_2O_3 - trióxido de dinitrogênio
 - anidrido nitroso

Vêja que todos os números são pares e podem ser simplificados por 2, que será o coeficiente do ácido para balancear a equação.



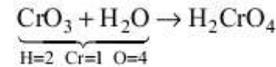
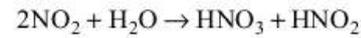
- N_2O_5 - pentóxido de dinitrogênio
 - anidrido nítrico

Observe este caso bem particular:

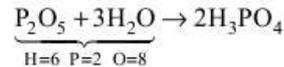
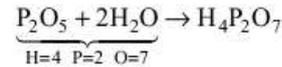
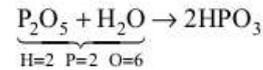


(Este anidrido é chamado de dióxido de nitrogênio ou anidrido nitroso-nítrico).

Inclusive, este óxido também tem a capacidade de formar os dois ácidos simultaneamente, pela reação que pode ser representada pela seguinte equação:



CrO_3 - anidrido crômico (metal com carga alta)



Lembre-se de que os ácidos fosfóricos possuem diferentes graus de hidratação.

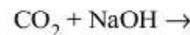
Portanto, o mesmo óxido de fósforo pode originar três ácidos diferentes.

P_2O_5 - pentóxido de difósforo
 anidrido fosfórico

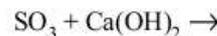
Para fazermos as equações do tipo (II), basta dividir o problema em duas partes:

- 1ª) $\text{óxido ácido} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ácido}$
 2ª) $\text{ácido} + \text{base} \rightarrow \text{sal} + \text{água}$ (neutralização total)
 $\text{óxido ácido} + \text{base} \rightarrow \text{sal} + \text{água}$

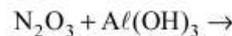
Mas lembre-se: as reações devem ser consecutivas para que o ácido seja cancelado.



- 1ª) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
 2ª) $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$



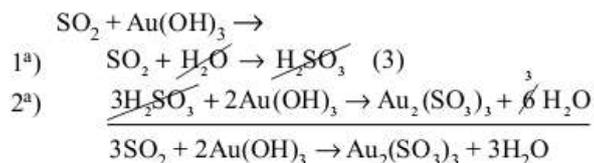
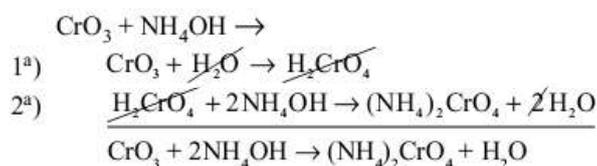
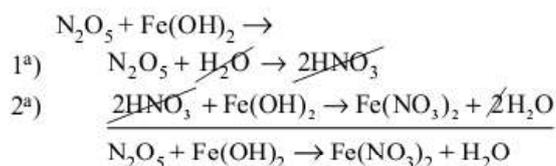
- 1ª) $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
 2ª) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{SO}_3 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$



- 1ª) $\text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_2$
 2ª) $3\text{HNO}_2 + \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al(NO}_2)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

Para que as reações se tornem consecutivas, devemos multiplicar a primeira por 3 e a segunda por 2. Com isso:

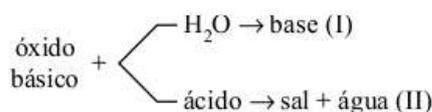
- 1ª) $3\text{N}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{HNO}_2$
 2ª) $6\text{HNO}_2 + 2\text{Al(OH)}_3 \rightarrow 2\text{Al(NO}_2)_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
 $3\text{N}_2\text{O}_3 + 2\text{Al(OH)}_3 \rightarrow 2\text{Al(NO}_2)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$



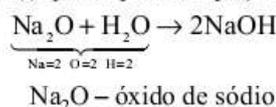
Óxidos básicos

São aqueles formados por metais que quando reagem com água formam hidróxidos e quando reagem com ácidos geram sal e água.

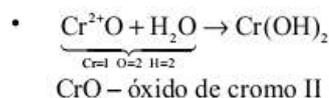
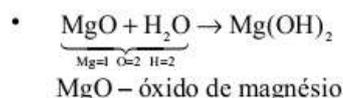
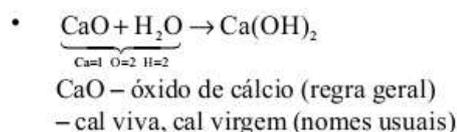
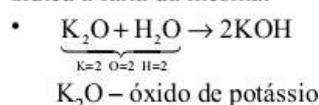
Esquemáticamente:



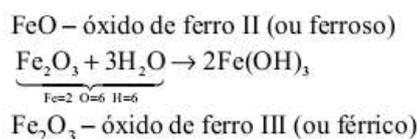
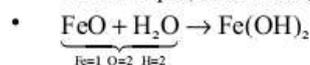
As regras práticas são idênticas às dos óxidos ácidos, tanto para as equações do tipo (I) quanto para as equações do tipo (II). Veja:



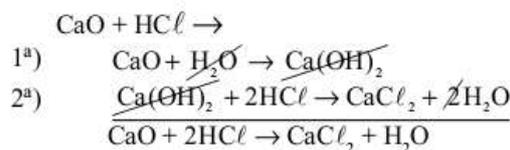
Observe que, neste caso, a palavra anidrido não faz sentido, já que hidróxido indica óxido com água e a palavra óxido já indica a falta da mesma.



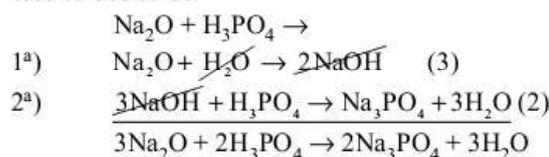
Observe que, neste caso, a carga do cromo é baixa (+2).



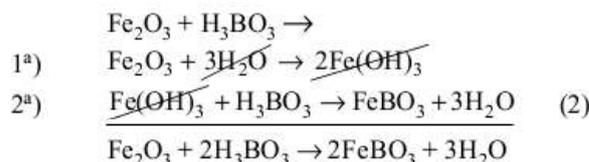
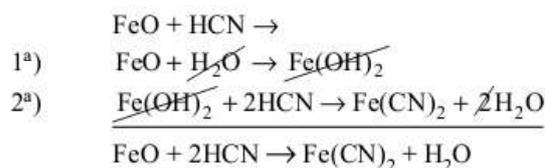
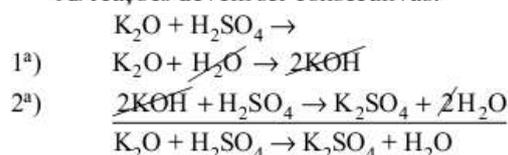
Vamos às equações do tipo (II):



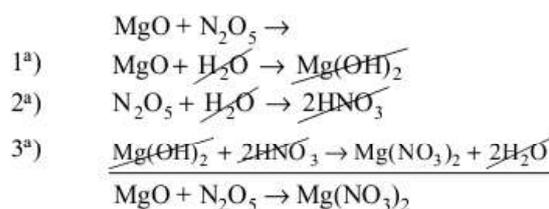
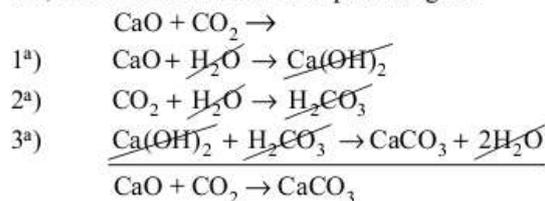
Essa é a reação pela qual a cal virgem corrige a acidez excessiva dos solos.



As reações devem ser consecutivas.

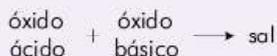


Mas óxidos ácidos também podem reagir com óxidos básicos, como mostrado nos exemplos a seguir:



ATENÇÃO!

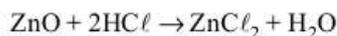
Generalizando:



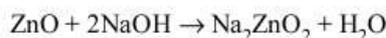
Óxidos anfóteros

São aqueles que ora se comportam como óxidos ácidos, ora como óxidos básicos.

São os óxidos de alumínio (Al_2O_3), de zinco (ZnO) e de alguns metais de transição como Cr e Mn, mas os dois primeiros são os mais importantes. Veja o comportamento através das equações abaixo:



Observe que frente a um ácido, o óxido anfótero ZnO assume o papel de óxido básico.



E frente a uma base, o mesmo óxido assume o papel de óxido ácido.

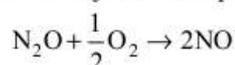
Portanto, um óxido anfótero sempre assume o papel contrário ao do composto com quem reage.

Observação: A palavra "anfi" significa duplo, indicando este tipo de comportamento nestes óxidos.

Óxidos neutros ou indiferentes

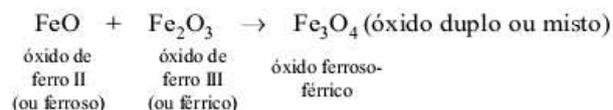
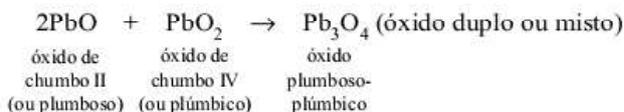
São aqueles que não reagem nem com ácidos, nem com bases e nem com água. Só existem três:

- NO – monóxido de nitrogênio
- N_2O – monóxido de dinitrogênio, também conhecido como gás hilariante, pois, se inalado, faz com que a pessoa ria de maneira eufórica e estridente.
- CO – monóxido de carbono, que é um gás extremamente tóxico. Isso ocorre porque este composto tem 210 vezes mais afinidade química com a molécula de hemoglobina do que o próprio gás oxigênio. Portanto, a formação de carboxi-hemoglobina é mais favorecida que a formação de oxi-hemoglobina. Com isso, o transporte de oxigênio pelo organismo diminui sensivelmente, podendo levar o indivíduo a sentir sintomas como dor de cabeça, náusea, inconsciência, coma ou até o levar à morte. Há relatos de casos em que pessoas morreram por permanecerem em garagens fechadas com o carro ligado. É importante salientar que este gás é proveniente, principalmente, da queima incompleta de combustíveis, como a gasolina e o diesel e, por isso, que em caso de congestionamento em túneis, os carros devem ter seus motores apagados. Todavia, isso não significa que óxidos neutros não reajam, já que a queima dos três é uma reação bastante comum. Veja um exemplo:



Óxidos duplos ou mistos

São aqueles provenientes da cristalização conjunta de dois outros óxidos. Veja:



Quando reagimos estes óxidos com ácidos, devemos ter sempre a formação de dois sais, um com o cátion de carga menor e o outro com o cátion de carga maior. Observe o exemplo:



Peróxidos

São óxidos que apresentam o grupo O_2^{2-} ou apresentam o nox médio do oxigênio como -1 .

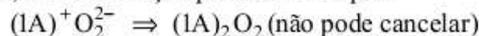
O radical O_2^{2-} tem a seguinte fórmula estrutural:



ATENÇÃO!

Não existe o grupo O^- e, portanto, o índice e a carga de um peróxido **jamais** podem ser cancelados.

Os peróxidos têm como elemento genérico A o hidrogênio, os metais alcalinos (1A) e os metais alcalinoterrosos (2A). Portanto, sua formulação pode ser dada por:



ATENÇÃO!

A nomenclatura é simples: peróxido de + nome do elemento A.

Veja alguns exemplos:

H_2O_2 – peróxido de hidrogênio

Na_2O_2 – peróxido de sódio

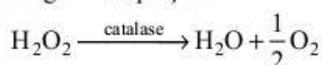
K_2O_2 – peróxido de potássio

MgO_2 – peróxido de magnésio

CaO_2 – peróxido de cálcio

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é um composto importantíssimo, pois, quando praticamente puro, é um poderoso explosivo e, quando dissolvido em H_2O , é chamado de água oxigenada. Por ser um composto bastante instável (como os outros peróxidos), decompõe-se com tanta facilidade que a simples exposição à luz pode destruí-lo. Por isso, os frascos de água oxigenada são opacos. Também servem para descolorir pelos e cabelos, mas é utilizada principalmente como desinfetante em cortes ou feridas. Quando em contato com o sangue, a

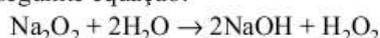
enzima catalase decompõe a água oxigenada, segundo a reação representada pela seguinte equação:



A liberação em alta velocidade do gás oxigênio produz uma espuma branca e dá um aspecto de fervura. Por ser riquíssima em O₂, a espuma elimina a ação das bactérias anaeróbicas.

Mas o que significa a volumagem (10 V, 20 V, 30 V, 40 V) da água oxigenada? É simples. Se 1 L de uma determinada água oxigenada é decomposta totalmente em água e gás oxigênio, o gás é recolhido e o seu volume é medido nas CNTP. Se o volume for de 10 L, a água oxigenada é chamada de 10 V; se o volume recolhido for de 20 L, a água oxigenada é de 20 V, e assim por diante.

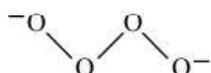
A água oxigenada pode ser obtida a partir da reação representada pela seguinte equação:



Superóxidos

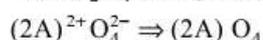
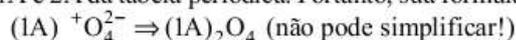
São óxidos que possuem o grupo O₄²⁻ ou apresentam o nox médio do oxigênio como $\frac{-1}{2}$.

O radical O₄²⁻ tem a seguinte fórmula estrutural:



Como no caso dos peróxidos, o índice do radical e a sua carga não podem *jamaiz* ser simplificados.

Os superóxidos também são formados por elementos das famílias 1A e 2A da tabela periódica. Portanto, sua formulação é:



Veja alguns exemplos:

Na₂O₄ – superóxido de sódio

K₂O₄ – superóxido de potássio

MgO₄ – superóxido de magnésio

CaO₄ – superóxido de cálcio

É importante salientar que os superóxidos são compostos extremamente instáveis, e por isso não os encontramos na natureza.

Uso cotidiano dos principais óxidos

Óxido	Uso e/ou origem
CaO	Pode ser obtido a partir da decomposição térmica do calcário. É utilizado como cal na construção civil e também como corretor da acidez excessiva dos solos.
Fe ₂ O ₃	Chamado de hematita; constitui a principal fonte de ferro para o ser humano. É um dos constituintes da ferrugem.
Fe ₃ O ₄	Chamado de magnetita; é o principal constituinte dos ímãs.
Pb ₃ O ₄	Chamado de zarcão, serve para isolar grades de ferro do ar atmosférico, com o intuito de bloquear o processo de formação da ferrugem.
ZnO	É utilizado como componente ativo das pomadas de Minâncora e Acnase.
SO ₂ / SO ₃	Produtos lançados na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis que geram chuva ácida.
Al ₂ O ₃	Principal produto do minério bauxita. Quando vem com impurezas de cromo, adquire uma bela coloração vermelha e passa a ser chamada de rubi. É a principal fonte do metal alumínio.

Tab. 5 Descrição dos principais óxidos.

LEITURA

Demais funções inorgânicas

Existem muitas outras funções inorgânicas menores e menos importantes que as quatro estudadas anteriormente. Mas somente duas merecem menção:

Hidretos

São compostos binários em que o hidrogênio (H⁻) é o elemento mais eletronegativo.

NaH – hidreto de sódio

MgH₂ – hidreto de magnésio

AlH₃ – hidreto de alumínio

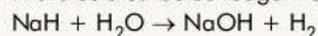
Carbetos

São compostos binários em que um dos elementos é o carbono.

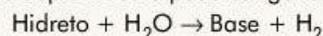
CaC₂ – carbetto de cálcio

Al₄C₃ – carbetto de alumínio

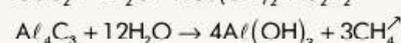
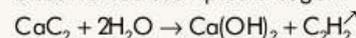
Hidretos e carbetos reagem com água. Veja:



No caso dos hidretos, como mostrado acima, a reação é de dupla troca e pode ser generalizada segundo a equação:



No caso dos carbetos, a reação também é de dupla troca. Observe nos exemplos a seguir:



Revisando

1 UFF 2005 (Adapt.) Até os dias de hoje, e em muitos lares, a dona de casa faz uso de um sal vendido comercialmente em solução aquosa com o nome de água sanitária ou água de lavadeira. Esse produto possui efeito bactericida, fungicida e alvejante. A fabricação dessa substância se faz por meio da seguinte reação:



Considerando a reação apresentada, como são denominados os sais formados pelas espécies A e B, respectivamente?

2 Uerj 2006 (Adapt.) O consumo inadequado de hortaliças pode provocar sérios danos à saúde humana. Assim, recomenda-se, após lavar as hortaliças em grande quantidade de água, imergi-las nesta sequência de soluções aquosas:

- hipoclorito de sódio;
- vinagre;
- bicarbonato de sódio.

Qual a função química de cada composto e seu componente principal?

3 Uerj 2007 (Adapt.) Emissões de gases do tipo SO_x na atmosfera causam vários danos ambientais. Na agricultura, um desses danos é tornar o solo inadequado para o plantio, devido a compostos formados pela reação desses gases com a água da chuva. Explique por que a adição de CaCO_3 resolve o problema.

4 PUC-MG 2007 (Adapt.) Para se descascarem facilmente camarões, uma boa alternativa é fervê-los rapidamente em água contendo suco de limão. Sabendo-se que a casca de camarão possui carbonato de cálcio, é provável que o suco de limão possa ser substituído pelos seguintes produtos, exceto:

- (a) vinagre.
- (b) suco de laranja.
- (c) ácido ascórbico (vitamina C).
- (d) bicarbonato de sódio.

Após escolher a alternativa correta, explique por que, através de argumentos químicos, essa opção não somente não é válida como agiria em sentido oposto ao do suco de limão.

5 Unesp 2007 Um dos métodos que tem sido sugerido para a redução do teor de dióxido de carbono na atmosfera terrestre, um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, consiste em injetá-lo em estado líquido no fundo do oceano. Um dos inconvenientes deste método seria a acidificação da água do mar, o que poderia provocar desequilíbrios ecológicos consideráveis. Explique, através de equações químicas balanceadas, por que isto ocorreria e qual o seu efeito sobre os esqueletos de corais, constituídos por carbonato de cálcio.

6 PUC-SP 2008 (Adapt.) O elemento X forma com o oxigênio um óxido básico de fórmula XO , enquanto o elemento J forma com o oxigênio um óxido ácido de fórmula J_2O . Qual é o composto formado pelos elementos X e J?

Exercícios propostos

Sais - I

1 Vunesp Comparar cloreto de potássio e cloreto de hidrogênio quanto:

- ao tipo de ligação de cada composto puro.
- à dissolução de cada um desses compostos em água.
- à função inorgânica a que pertence cada composto.

2 Dar o nome dos sais relacionados a seguir.

- MgSO_3
- NH_4Cl

3 Udesp O cloreto de sódio representa papel importantíssimo na fisiologia do ser humano e também na dos animais. Atua como gerador de ácido clorídrico no estômago e como mantenedor do equilíbrio osmótico das células vivas.

- Qual a fórmula química representativa do cloreto de sódio?
- A que função química pertence o cloreto de sódio e qual seu aspecto físico na temperatura ambiente?

4 Udesp 2009 Alguns sais inorgânicos são utilizados na medicina no tratamento de doenças, são exemplos disso o bicarbonato de sódio como antiácido, o carbonato de amônio como expectorante, o permanganato de potássio como antimicótico e o nitrato de potássio como diurético.

Assinale a alternativa que contém a fórmula química desses sais, respectivamente.

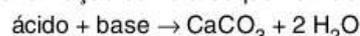
- Na_2CO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, KMnO_4 e KNO_3
- NaHCO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, KMnO_4 e KNO_3
- NaHCO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, KMnO_4 e K_2NO_3
- NaHCO_3 , NH_4CO_3 , KMnO_4 e KNO_3
- Na_2CO_3 , NH_4CO_3 , KMnO_4 e K_2NO_3

5 Vunesp Os sais ortofosfato de lítio, sulfato de potássio, nitrato de cobre (II) e carbonato de bário são usados em preparações de pigmentos para tintas. Escrever as fórmulas desses compostos.

6 Vunesp Escreva as fórmulas químicas e os respectivos nomes de quatro sais diferentes formados por cátions de metais alcalino-terrosos e ânions contendo enxofre e oxigênio.

7 UFRJ O cálcio é um elemento que está presente em organismos vivos sob a forma de diversos compostos. Os ossos e os dentes, por exemplo, contêm sais de cálcio, tais como fosfato de cálcio e a hidroxiapatita; as conchas de animais marinhos contêm carbonato de cálcio.

- O carbonato de cálcio pode ser obtido através de uma reação de neutralização como a esquematizada a seguir:



Calcule a massa de carbonato de cálcio formada quando 12,4 g do ácido são consumidos.

- A hidroxiapatita (hidroxifosfato de cálcio) tem a seguinte fórmula química: $\text{Ca}_x(\text{PO}_4)_3 \text{OH}$. Determine x.

Dados: Massas molares (g/mol) Ca = 40, C = 12, O = 16, H = 1.

8 UFV Considere a reação de neutralização total entre o ácido fosfórico e o hidróxido de cálcio.

- Complete a equação da reação com as fórmulas dos reagentes:



- Dê o nome do sal formado na reação.
- Escreva a equação balanceada da reação representada no item a.
- O termo massa molecular é usado para substâncias moleculares. Para substâncias iônicas como $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, o nome mais apropriado é massa-fórmula. Calcule a massa-fórmula do $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
- Qual o tipo de ligação química existente na molécula de água (H_2O)?

Dados: Ca = 40 u; P = 31 u; O = 16 u.

9 Faap Os solos muito ácidos são, em geral, impróprios para o cultivo de vegetais. A correção do pH do solo poderia ser realizada pelos agricultores, através da adição, ao solo, de:

- NH_4NO_3
- KCl
- BaCl_2
- CaCO_3
- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

10 Fuvest Responda:

- Dê os nomes dos compostos representados pelas fórmulas H_2SO_4 e NH_3 .
- Escreva a equação da reação entre esses compostos e dê o nome do sal formado.

11 Fuvest KClO_3 e NaHCO_3 , compostos sólidos à temperatura ambiente, quando aquecidos se decompõem liberando gases.

- Descreva testes que ajudem a identificar, em cada caso, o gás liberado.
- Faça um esquema da aparelhagem que permita realizar o aquecimento e recolher os gases formados.

12 Faap O creme dental é básico, porque:

- produz dentes mais brancos.
- a saliva é ácida.
- tem gosto melhor.
- se fosse ácido, iria corroer o tubo (bisnaga).
- produz mais espuma.

>> Dica da questão 7: No item b, a soma de todos os No_x deve ser nula. Dica da questão 10: Primeiramente, pode-se reagir amônia com água para formar uma base, que posteriormente irá reagir com o H_2SO_4 . Dica da questão 11: $\text{KClO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{KCl} + \frac{3}{2} \text{O}_2$ $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

13 Fatec O sal sulfato de magnésio pode ser obtido pela reação de carbonato de magnésio com:

- (a) ácido sulfuroso. (d) persulfato de potássio.
 (b) sulfato de sódio. (e) sulfito de sódio.
 (c) ácido sulfúrico.

14 FEI O "leite de magnésia" é o resultado da mistura de sulfato de magnésio com hidróxido de sódio e água destilada, aquecida ao fogo e submetida a várias lavagens. É usado como antiácido e laxante. No combate à acidez estomacal, o "leite de magnésia" reage produzindo:

- (a) $MgSO_4$ (d) $Mg(OH)_2$
 (b) Na_2SO_4 (e) $MgCl_2$
 (c) $NaCl$

15 FGV Uma solução obtida pela adição de sulfato de alumínio e nitrato de amônio sólidos em água contém os íons NH_4^+ , Al^{3+} , SO_4^{2-} e NO_3^- .

As citadas substâncias podem ser representadas pelas fórmulas

- (a) Al_2SO_4 e $(NH_4)_3NO_3$ (d) Al_3SO_4 e NH_4NO_3
 (b) Al_2SO_4 e $(NH_4)_3NO$ (e) $Al_3(SO_4)_2$ e $NH_4(NO_3)_2$
 (c) $Al_2(SO_4)_3$ e NH_4NO_3

16 Fuvest Molibdato de amônio é usado como fonte de molibdênio para o crescimento das plantas. Sabendo que este elemento, de símbolo Mo, pertence a mesma família do cromo, Cr, e que a fórmula do íon cromato é $(CrO_4)^{2-}$, a fórmula do molibdato de amônio é:

- (a) NH_2MoO_2 (d) NH_4MoO_4
 (b) NH_3MoO_3 (e) $(NH_4)_2MoO_4$
 (c) $(NH_3)_2MoO_4$

17 Assinale o item que contém apenas sais.

- (a) H_2S , $NaCl$, KOH (d) HCl , NH_4OH , BaS
 (b) HBr , H_2O , $CaBr_2$ (e) $NaOH$, $LiOH$, $Ca(OH)_2$
 (c) $NaCl$, $CaCl_2$, BaS

18 Pode-se obter nitrato cúprico, $Cu(NO_3)_2$ reagindo hidróxido cúprico com:

- (a) ácido nitroso. (d) nitrato de potássio.
 (b) ácido nítrico. (e) nitrito de amônio.
 (c) nitrato de sódio.

19 UFU 2006 Uma pesquisa sobre produtos químicos e suas aplicações no cotidiano forneceu as seguintes informações.

Produto químico	Aplicação
Ácido fosfórico	Acidulante em refrigerantes, balas e gomas de mascar.
Hidróxido de magnésio	Antiácido para combater o excesso de acidez estomacal.
Fuoreto de estanho (II)	Creme dental para fortalecer o esmalte do dente.

Considerando as informações apresentadas:

- a) escreva, respectivamente, a fórmula dos produtos químicos pesquisados.
 b) indique a que função química pertence cada um destes compostos, justificando sua resposta, escrevendo a equação de reação química, segundo a Teoria de Arrhenius.

20 Assinale a alternativa onde existe correlação entre a fórmula e o nome dos compostos.

- (a) NH_4OCN – cianeto de amônio
 (b) Ca_2N_3 – nitrato de cálcio
 (c) $KBrO_3$ – bromato de potássio
 (d) $NaClO$ – clorato de sódio
 (e) Al_2S_3 – sulfito de alumínio

21 Dados os íons OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{+2} e Cr^{+3} , identifique as alternativas que indicam corretamente a fórmula e o nome do composto.

- (a) $Cr(OH)_3$ – hidróxido de cromo II
 (b) $Cr_2(SO_4)_3$ – sulfato de cromo III
 (c) Cr_3Cl – cloreto de cromo III
 (d) $MgSO_4$ – sulfato de magnésio
 (e) $MgCl$ – cloreto de magnésio

22 Assinale qual dos compostos a seguir está com fórmula incorreta.

- (a) HCl (d) $NaSO_4$
 (b) KNO_3 (e) HNO_3
 (c) Na_2SO_4

23 A sequência que apresenta respectivamente um ácido, uma base e um sal, é:

- (a) HCl , H_2O , KCl (d) $NaOH$, Na_2O , $NaCl$
 (b) H_2SO_4 , $NaOH$, $NaCl$ (e) $LiCl$, K_2O , KCl
 (c) H_2O , HCl , $NaCl$

24 ITA Colocando grãos de nitrato de potássio em um frasco com água, nota-se que com o passar do tempo o sólido desaparece dentro da água. Qual das equações a seguir é a mais adequada para representar a transformação que ocorreu dentro do frasco?

- (a) $KNO_{3(c)} \rightarrow KNO_{3(l)}$
 (b) $KNO_{3(c)} + H_2O_{(l)} \rightarrow KOH_{(aq)} + HNO_{3(aq)}$
 (c) $KNO_{3(c)} \rightarrow K^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)}$
 (d) $KNO_{3(c)} \rightarrow K^+_{(l)} + NO_3^-_{(aq)}$
 (e) $KNO_{3(c)} + H_2O_{(l)} \rightarrow KNO_{2(aq)} + H_2O_{2(aq)}$

25 PUC-PR 2004 Relacione a coluna 2 com a coluna 1:

Coluna 1

- 1 – $NaHCO_3$
 2 – $Mg_2P_2O_7$
 3 – H_2SO_3
 4 – $Pb(OH)_4$
 5 – H_3PO_4

Coluna 2

- (A) Ácido fosfórico
 (B) Hidróxido plúmbico
 (C) Carbonato de sódio
 (D) Ácido sulfúrico
 (E) Pirofosfato de magnésio
 (F) Hidróxido plumboso
 (G) Bicarbonato de sódio

A alternativa que relaciona corretamente fórmula e nome é:

- (a) 1-G; 2-E; 4-B; 5-A (d) 1-G; 2-A; 3-D; 4-B
 (b) 1-C; 2-E; 3-D; 5-A (e) 2-E; 3-D; 4-B; 5-A
 (c) 1-C; 2-F; 3-D; 5-A

26 Mackenzie Os nomes corretos das substâncias de fórmulas NaHCO_3 e NH_4NO_3 são, respectivamente:

- (a) carbonato de sódio e nitrato de amônio.
 (b) bicarbonato de sódio e nitrato de amônio.
 (c) carbonato ácido de sódio e nitrito de amônio.
 (d) carbeto de sódio e nitrito de amônio.
 (e) bicarbonato de sódio e nitreto de amônio.

27 PUC-RS 2004

	Substância	Aplicação
I	KMnO_4	Agente bactericida
II	NaNO_3	Aditivo alimentar
III	H_3BO_3	Água boricada
IV	MgSO_4	Ação laxativa
V	KI	Preventivo para evitar bócio
VI	NaClO	Água sanitária
VII	NH_4OH	Produtos de limpeza

As substâncias I, IV e VI são, respectivamente, denominadas:

- (a) permanganato de potássio, sulfato de magnésio e hipoclorito de sódio.
 (b) manganato de potássio, sulfato de magnésio e clorito de sódio.
 (c) ácido mangânico, sulfato de magnésio e clorato de sódio.
 (d) permanganato de potássio, sulfato de magnésio e hipoclorito de sódio.
 (e) manganato de potássio, sulfato de magnésio e cloreto de sódio.

28 Mackenzie As fórmulas do sulfato férrico e do bromato de potássio são, respectivamente:

- (a) $\text{Fe}_2(\text{SO}_3)_3$ e KBr (d) FeSO_4 e KBrO_2
 (b) FeSO_3 e KBrO_4 (e) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ e KBrO_3
 (c) Fe_2S_3 e KBrO

29 Mackenzie Quando se aproxima um frasco aberto de ácido clorídrico concentrado de outro contendo hidróxido de amônio também concentrado há a formação de uma névoa branca. Essa névoa, que é formada por pequenas partículas sólidas suspensas no ar, tem fórmula:

- (a) NH_3 (d) N_2
 (b) HNO_3 (e) Cl_2
 (c) NH_4Cl

30 Mackenzie Considerando as espécies químicas Ca^{+2} , Al^{+3} , Na^{+1} , PO_4^{-3} e NO_3^{-1} , a única substância formulada de modo incorreto é:

- (a) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (d) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
 (b) $\text{Al}(\text{PO}_4)_3$ (e) $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
 (c) Na_3PO_4

Sais - II

31 Vunesp Três frascos sem rótulo contêm, separadamente, soluções aquosas de carbonato de potássio, cloreto de potássio e sulfato de potássio.

- a) Indique como se pode distinguir o conteúdo de cada frasco através de reações com soluções diluídas de ácido nítrico e cloreto de bário.
 b) Justifique escrevendo as equações químicas balanceadas das reações envolvidas.

32 Vunesp Água, soluções aquosas de carbonato de sódio e de sulfato de sódio estão contidas, separadamente, cada uma em um frasco, sem rótulo.

- a) Indique como se pode distinguir o conteúdo de cada frasco através de reações com soluções diluídas de ácido nítrico e cloreto de bário.
 b) Justifique escrevendo as equações químicas balanceadas das reações envolvidas.

33 Vunesp O “fermento químico”, utilizado na confecção de bolos, é uma mistura de di-hidrogenofosfato de cálcio e bicarbonato de sódio sólidos, que sofrem dissociação iônica quando em contato com a água utilizada na preparação da massa. O bolo cresce devido à expansão de gás carbônico que se origina da reação entre os ânions resultantes da dissociação dos sais acima referidos, juntamente com o íon hidrogenofosfato e água. Escreva a equação química correspondente ao processo de formação de gás carbônico.

34 O tripolifosfato de sódio, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, é um aditivo de detergentes obtidos por aquecimento de uma mistura de hidrogenofosfato de sódio e di-hidrogenofosfato de sódio. Escreva a equação química balanceada da reação de formação do tripolifosfato de sódio, sabendo-se que no processo também há formação de água.

35 Vunesp Quando se adiciona uma solução aquosa de carbonato de sódio a uma solução aquosa de mesma concentração, em mol/L, de cloreto de bário, forma-se um precipitado branco. Adicionando-se ácido nítrico, ocorre a dissolução do precipitado.

- a) Escreva a equação química da reação de formação do precipitado, identificando-o.
 b) Escreva a equação química da reação de dissolução do precipitado.

>> Dica da questão 31: Liberação de gás e formação de precipitado são condições suficientes para que uma reação de dupla troca ocorra, além de constituírem condições facilmente perceptíveis. Dica das questões 33 e 34: Apesar dos textos complicados, ambas as questões estão “ditando” as equações pedidas.

36 Unicamp Frequentemente, tem-se recorrido à exumação de ossadas para investigação policial e arqueológica. Os ossos que restaram após um longo período de sepultamento resistiram à ação do tempo por serem constituídos, principalmente, por um tipo de fosfato de cálcio, muito estável, de fórmula genérica $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_x$.

- Qual o nome do elemento químico que, no composto acima citado, aparece na forma de cátion?
- Consulte a tabela periódica e indique outro elemento que poderia substituir o cátion do referido composto.
- Determine o valor de x indicado na fórmula acima. Lembre-se de que a fórmula do ácido fosfórico é H_3PO_4 .

37 Vunesp Responda:

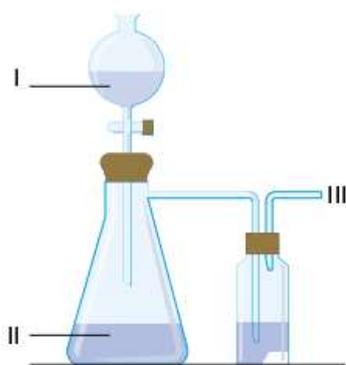
- Escreva a equação química correspondente a uma reação de um ácido com uma base, na qual há formação de um sal pouco solúvel.
- Indique as fórmulas e os nomes de reagentes e produtos.

38 Você tem diante de si um frasco com um pó branco que pode ser um dos seguintes sais: cloreto de sódio (NaCl), carbonato de sódio (Na_2CO_3) ou carbonato de cálcio (CaCO_3). Em um livro de Química você encontrou as seguintes informações.

- "Todos os carbonatos em presença de ácido clorídrico produzem efervescência."
- "Todos os carbonatos são insolúveis, com exceção dos carbonatos de metais alcalinos (Li, Na, Rb, Cs) e de amônio (NH_4^+)."
- "Todos os cloretos são solúveis, com exceção dos cloretos de chumbo, prata e mercúrio."

Dispondo apenas de recipientes de vidro, água e ácido clorídrico, como você faria para identificar o sal?

39 FGV 2007 Ácidos inorgânicos estão entre as substâncias químicas mais produzidas no mundo. Ácidos gasosos anidros (III) podem ser preparados a partir da reação entre uma solução concentrada de ácido forte (I) e uma solução saturada de um sal (II), com o auxílio de um frasco contendo uma substância secante.



Uma aplicação desse método pode ser corretamente exemplificada, sendo I, II e III, respectivamente,

- $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, Na_2SO_4 e H_2SO_4
- H_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ e $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- H_2SO_4 , NaCl e HCl
- H_3PO_4 , Na_2SO_4 e H_2SO_4
- H_2CO_3 , Na_2CO_3 e $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$

40 Unicamp No armazém de uma empresa, perderam-se acidentalmente os rótulos de três barricas. Uma delas contém nitrato de amônio (NH_4NO_3), outra carbonato de sódio (Na_2CO_3) e outra nitrato de sódio (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 a seguir, como você faria para identificar estes sais?

Informações:

"Os sais de amônio, em presença de hidróxido e carbonatos de metais alcalinos, desprendem amônia, NH_3 , de cheiro característico".

"Os carbonatos reagem com ácido, produzindo efervescência, ou seja, desprendimento de gás carbônico, CO_2 ".

41 Unicamp Conta-se que, durante a Segunda Guerra Mundial, espões alemães mandavam mensagens com uma tinta invisível que era essencialmente uma solução de nitrato de chumbo, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Descreva, com base nas informações a seguir, um procedimento para tornar a escrita com nitrato de chumbo visível. Justifique sua resposta.

- O sulfato de chumbo é um sólido branco, pouco solúvel em água.
- O iodeto de chumbo é um sólido amarelo, pouco solúvel em água.
- O sulfeto de chumbo é um sólido preto, pouco solúvel em água.
- O cloreto de chumbo é um sólido branco, pouco solúvel em água.
- O nitrato de potássio é branco e solúvel em água.
- Todos os sais de sódio são solúveis em água.

42 Unicamp Tem-se uma solução aquosa que pode conter apenas os nitratos de alumínio, magnésio e zinco. Essa solução foi submetida ao seguinte tratamento:

- adicionou-se solução de NaOH em excesso. Formou-se um precipitado A, que foi separado por filtração;
- ao filtrado do item I, adicionou-se HNO_3 diluído até o meio ficar ácido. A seguir, juntou-se solução de NH_4OH em excesso, formando-se um precipitado B, que foi separado por filtração. Restou uma solução C.

Com base nas informações acima e na tabela a seguir.

Cátion	NH_4OH em excesso	NaOH em excesso	HNO_3 diluído em excesso
Al^{3+}	precipita	solúvel	solúvel
Mg^{2+}	precipita	precipita	solúvel
Zn^{2+}	solúvel	solúvel	solúvel

- Escreva a equação química da reação de precipitação de A.
- Considerando a solução aquosa inicial, que cátion não se pode ter certeza que exista nela? Justifique.

43 Vunesp Soluções aquosas de cloreto de sódio, cloreto de bário e nitrato de potássio estão contidas em três frascos, rotulados S_1 , S_2 e S_3 .

Observa-se experimentalmente que:

- 1º) as soluções S_1 e S_3 reagem com nitrato de prata produzindo um precipitado, enquanto a solução S_2 não reage;
- 2º) somente a solução S_1 reage com carbonato de amônio, produzindo um precipitado branco.

Com base nessas observações, identifique as soluções contidas nos frascos S_1 , S_2 e S_3 . Justifique a resposta, escrevendo as equações das reações químicas utilizadas na identificação.

44 Complete as seguintes neutralizações parciais:

- a) $H_3PO_4 + Ca(OH)_2 \xrightarrow{1:1}$
- b) $H_4P_2O_7 + NH_4OH \xrightarrow{1:1}$
- c) $H_4P_2O_7 + NH_4OH \xrightarrow{1:3}$

Óxidos

45 UFSC Selecione, dentre as opções a seguir, aquelas que apresentam somente sais e as que apresentam somente óxidos.

- 01 H_2O , $NaCl$, HCl
- 02 KF , $CaCl_2$, HCN
- 04 HNO_3 , $NaOH$, $BaCO_3$
- 08 $CaCO_3$, $AgBr$, $NaCl$
- 16 H_2SO_4 , KNO_3 , PbS
- 32 FeO , CuO , CO_2

Soma =

46 Vunesp Ferritas são compostos com propriedades magnéticas e utilizados em componentes eletrônicos. A análise química de uma ferrita forneceu os resultados: $Mg = 12\%$; $Fe = 56\%$; $O = 32\%$ (Massas atômicas: $Mg = 24$; $Fe = 56$; $O = 16$).

- a) Determinar a fórmula mínima da ferrita.
- b) A qual função da química inorgânica pertence a ferrita?

47 Fuvest Cal viva é óxido de cálcio (CaO).

- a) Escreva a equação da reação da cal viva com a água.
- b) Por que, na agricultura, a cal viva é adicionada ao solo?

48 Escreva o nome dos compostos a seguir.

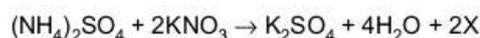
- a) $NaNO_2$
- c) CaO
- e) Al_2O_3
- b) BaI_2
- d) ClO_2

49 Escreva o nome dos compostos a seguir.

- a) KCl
- c) H_2S
- e) MnO_2
- b) $HClO$
- d) HI

50 UFRGS 2010 O gás hilariante recebe essa denominação pois sua inalação provoca uma leve euforia, com contrações faciais involuntárias semelhantes ao riso.

O gás hilariante, representado na equação química a seguir como substância X, pode ser preparado em laboratório, com aquecimento, a partir da seguinte reação.



A fórmula e o nome químico adequados para o gás hilariante são, respectivamente:

- (a) NO e óxido de mononitrogênio.
- (b) NO_2 e dióxido de nitrogênio.
- (c) NO_3 e óxido nítrico.
- (d) N_2O e monóxido de dinitrogênio.
- (e) N_2O_5 e peróxido de nitrogênio.

51 O rubi é constituído por Al_2O_3 predominantemente. A coloração vermelha deve-se a pequenas quantidades de Cr_2O_3 . Escreva os nomes dos compostos citados.

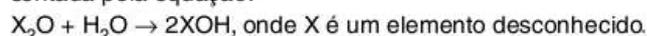
52 A qual função inorgânica pertence o SO_2 ? Dê o nome do composto.

53 UFRPR "Treze toneladas de ácido sulfúrico fumegante foram despejadas ontem, no rio Paraíba, em decorrência de um acidente envolvendo dois caminhões no km 17,5 da via Dutra, na divisão de São Paulo com o Rio de Janeiro, município de Queluz...

Com o choque, o tanque furou, provocando vazamento do ácido, atingindo o rio Claro, afluente do Paraíba. A regional da Cetesb, em Taubaté, foi comunicada, mas quando seus técnicos chegaram ao local depararam com soldados do Corpo de Bombeiros que jogaram água sobre o ácido tentando limpar a pista, o que fez com que uma maior quantidade de líquido fosse carregado para o rio. A solução foi derramar cal sobre a área para neutralizar o efeito altamente corrosivo do produto, que já havia queimado toda a vegetação das margens da rodovia."

O texto anterior refere-se a um acidente ecológico noticiado pelos jornais. Explique o procedimento dos técnicos da Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) quanto ao emprego do óxido de cálcio, e represente a equação química envolvida.

54 UFRJ A reação de hidratação de um certo óxido é representada pela equação:

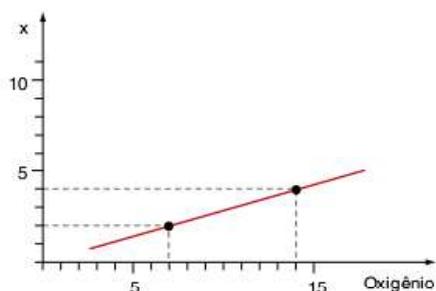


- a) Classifique o óxido X_2O .
- b) A reação de neutralização de XOH com um ácido produz sal e água.

Sabendo que 112 g de XOH reagem com 73 g de ácido clorídrico, apresente o nome do sal formado nesta neutralização.

55 Cesgranrio O gráfico mostra a proporção, em número de átomos, de um ametal X e de oxigênio, quando se ligam para formar um óxido.

>> Dica da questão 55: A fórmula do óxido pode ser retirada do gráfico. Lembre-se de tomar os menores inteiros possíveis.



Pela análise do gráfico, concluímos que, ao reagir uma molécula do óxido com uma molécula de água, haverá formação do seguinte composto:

- (a) HXO_6 (c) HXO_3 (e) HXO_5
 (b) HXO_2 (d) HXO_4

56 Unicamp Ácido clorídrico comercial, vendido com o nome de ácido muriático, é muito empregado na limpeza de pisos de pedra. Entretanto, ele não deve ser usado em piso de mármore, devido à reação que ocorre entre esse ácido e o carbonato de cálcio, constituinte do mármore.

- a) Escreva a equação química que representa essa reação.
 b) Na limpeza de uma casa, acidentalmente, caiu um pouco de ácido muriático sobre o piso de mármore. O dono da casa agiu rapidamente. Absorveu o ácido com um pano e, a seguir, espalhou sobre o local atingido um dos seguintes “produtos” comumente encontrados numa residência: vinagre, água, amoníaco ou sal de cozinha. Dentre essas opções, o dono escolheu a melhor. Qual foi essa opção? Justifique sua resposta.

57 Unicamp Para identificar minerais, pode-se fazer uso de propriedades físicas como a dureza (resistência ao risco) e algumas análises químicas, como reações com ácidos inorgânicos. Três amostras de minerais denominados A, B e C foram analisadas conforme os métodos da escala de dureza e da reação com ácidos. Os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Amostra	Dureza	Reação com ácido
A	é riscada apenas pela lâmina de aço	não libera gás
B	é riscada pela lâmina de ferro	não libera gás
C	é riscada pela lâmina de ferro	libera gás

A escala de dureza utilizada foi a seguinte: unha < lâmina de ferro < lâmina de aço. No teste das reações com ácidos inorgânicos, levou-se em conta o desprendimento de gases como o gás carbônico e o gás sulfídrico.

Estas três amostras são dos minerais CaCO_3 , SrSO_4 e $\text{MnO}(\text{OH})$ (não necessariamente nessa ordem). Sabe-se que o $\text{MnO}(\text{OH})$ é capaz de produzir riscos nos outros dois minerais.

- a) Correlacione as amostras A, B e C com as três fórmulas fornecidas.
 b) Se a informação sobre a dureza do $\text{MnO}(\text{OH})$ em relação aos outros dois minerais fosse desconhecida, qual dos três minerais da tabela (dê a fórmula) poderia ser identificado com absoluta certeza? Justifique.

58 Vunesp Os compostos carbeto de cálcio, ácido perclórico, ácido orto-hidroxibenzoico e isopropanol são de grande importância industrial. Quais são as fórmulas estruturais desses compostos?

59 Vunesp Responda.

- a) Escrever as equações das reações de óxido de potássio com a água e de trióxido de enxofre com água.
 b) Classificar os óxidos.
 c) Escrever a equação da reação entre os produtos formados nas reações dos dois óxidos com água.

60 Fuvest Quando aplicada em fermentos, a água oxigenada parece ferver.

- a) Por quê?
 b) Escreva a equação que representa a reação química envolvida.

61 UFPR Com relação às espécies químicas ácido clorídrico, nitrato de sódio, hidróxido de sódio, dióxido de carbono e água, é correto afirmar que:

- todas essas espécies são compostos iônicos.
 são espécies moleculares polares o ácido clorídrico e a água.
 o nitrato de sódio e o hidróxido de sódio pertencem à mesma função inorgânica.
 o dióxido de carbono é um óxido ácido.
 no dióxido de carbono, a hibridação do átomo de carbono é sp^2 .

62 FESP-PE Quanto aos óxidos Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 , Cl_2O_2 , Al_2O_3 e ZnO , podemos afirmar que:

- (a) P_2O_5 e CaO são óxidos básicos, e Fe_2O_3 é óxido ácido.
 (b) P_2O_5 , Cl_2O_2 e Al_2O_3 são óxidos ácidos.
 (c) Fe_2O_3 , Al_2O_3 e ZnO são óxidos neutros.
 (d) Fe_2O_3 , Al_2O_3 , ZnO e CaO são óxidos anfóteros.
 (e) P_2O_5 e Cl_2O_2 são óxidos ácidos, e Al_2O_3 e ZnO são óxidos anfóteros.

63 UFMG O gás carbônico foi produzido num laboratório e coletado num frasco para ser transportado de uma bancada para outra.



- a) indique a maneira I, II ou III adequada para transportar o frasco com gás carbônico e justifique sua resposta.
 b) escreva a equação balanceada de uma reação que poderia ter sido utilizada na produção do gás carbônico.

64 Cesgranrio Discutem-se ultimamente os distúrbios ecológicos causados pelos poluentes ambientais. A chamada “chuva ácida” constitui-se num exemplo das consequências da poluição na atmosfera, onde a formação de ácidos pode ser obtida a partir da dissolução de certas substâncias na água da chuva. Dentre as substâncias passíveis de formar ácidos quando adicionadas à água, podemos citar:

- (a) Na_2O (b) SO_3 (c) Al_2O_3 (d) CaO (e) BaO

>> Dica da questão 63: A densidade do gás coletado deve ser comparada à densidade do ar atmosférico. Lembre-se que $M_{\text{AR}} = 28,9 \text{ g/mol}$.

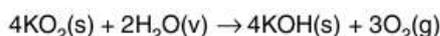
65 Cesgranrio O sonar, equipamento usado em submarinos para detectar a posição de objetos imersos em água, utiliza-se da emissão de ultra-som e da recepção e identificação do eco. Para tanto, ele é provido de uma pastilha de titanato de bário (BaTiO_3), que pode ser obtido a partir da reação entre um óxido de titânio e o hidróxido de bário. Identifique, nas opções adiante, o óxido usado na reação citada e a sua devida classificação.

- (a) TiO – básico
- (b) Ti_2O_3 – anfótero
- (c) TiO_2 – peróxido
- (d) TiO_2 – anfótero
- (e) TiO_3 – ácido

66 Cesgranrio Os principais poluentes do ar nos grandes centros urbanos são o gás sulfuroso (SO_2) e o monóxido de carbono (CO). O SO_2 é proveniente das indústrias que queimam combustíveis fósseis (carvão e petróleo). Já o CO provém da combustão incompleta da gasolina em veículos automotivos desregulados. Sabendo-se que o SO_2 (causador da chuva ácida) e o CO (causador de inibição respiratória) são óxidos, suas classificações são, respectivamente:

- (a) anfótero e neutro.
- (b) básico e ácido.
- (c) ácido e anfótero.
- (d) ácido e básico.
- (e) ácido e neutro.

67 Uerj 2006 As máscaras de respiração, utilizadas por bombeiros em situações de emergência, contêm superóxido de potássio. Essa substância reage com a umidade do ar expirado pelo usuário da máscara, conforme a equação a seguir.



- a) Considere as seguintes condições de uso de uma dessas máscaras:
- comportamento ideal dos gases e vapores envolvidos;
 - funcionamento em sistema fechado, ou seja, sem trocas gasosas com a atmosfera;
 - volume de ar respirado igual a 41,0 L por minuto;
 - concentração de umidade no ar expirado igual a 6,2% volume por volume, a 37 °C e 1 atm de pressão;
 - consumo total da umidade contida no ar expirado.

Calcule o tempo máximo de uso, em minutos, de uma máscara que contenha 213 g de superóxido de potássio.

- b) Além do superóxido de potássio, o potássio forma dois outros compostos binários oxigenados que não satisfazem os requisitos para uso em máscaras.

Indique as fórmulas desses compostos.

68 Enem Suponha que um agricultor esteja interessado em fazer uma plantação de girassóis. Procurando informação, leu a seguinte reportagem:

Solo ácido não favorece plantio

Alguns cuidados devem ser tomados por quem decide iniciar o cultivo do girassol. A oleaginosa deve ser plantada em solos descompactados, com pH acima de 5,2 (que indica menor acidez da terra). Conforme as recomendações da Embrapa, o agricultor deve colocar, por hectare, 40 kg a 60 kg de nitrogênio, 40 kg a 80 kg de potássio e 40 kg a 80 kg de fósforo.

O pH do solo, na região do agricultor, é de 4,8. Dessa forma, o agricultor deverá fazer a "calagem".

Folha de S. Paulo, 25 set. 1996.

Suponha que o agricultor vá fazer calagem (aumento do pH do solo por adição de cal virgem – CaO). De maneira simplificada, a diminuição da acidez se dá pela interação da cal (CaO) com a água presente no solo, gerando hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que reage com os ions H^+ (dos ácidos), ocorrendo, então, a formação de água e deixando ions Ca^{2+} no solo.

Considere as seguintes equações:

- I. $\text{CaO} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_3$
- II. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$
- III. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
- IV. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$

O processo de calagem descrito pode ser representado pelas equações:

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

69 Faap Os elementos carbono e alumínio podem combinar-se com o oxigênio, originando os compostos:

- (a) C_2O_3 , Al_2O_3 (c) CO , AlO (e) CO_2 , AlO
- (b) CO_2 , Al_3O_4 (d) CO_2 , Al_2O_3

70 Fatec São conhecidos vários óxidos de nitrogênio. Abaixo, listamos propriedades de alguns desses óxidos.

- I. Dissolve-se em água, formando HNO_2 e HNO_3 .
- II. Forma-se pelo aquecimento de $\text{N}_{2(\text{g})}$ e $\text{O}_{2(\text{g})}$, e não reage com a água.
- III. Decompõe-se por aquecimento, em NO_2 .

As propriedades I, II e III podem ser atribuídas, respectivamente, a:

- (a) N_2O , N_2O_4 , N_2O (c) NO , N_2O , N_2O_4 (e) NO_2 , NO , N_2O_4
- (b) NO , NO , N_2O (d) NO_2 , N_2O , NO

71 Fatec Certas regiões do Brasil apresentam excessiva acidez do solo, o que é prejudicial à agricultura.

O procedimento mais adequado (e sua correta explicação) para corrigir a acidez do solo seria adicionar a ele:

- (a) H_3PO_4 – pois esta é uma substância básica que irá neutralizar a acidez.
- (b) H_2O_2 – pois este é um peróxido capaz de oxidar os ácidos do solo.
- (c) NaOH – pois esta é uma substância alcalina, além de ser ótimo fertilizante.
- (d) CaCO_3 – pois este irá neutralizar a acidez sem alcalinizar excessivamente o solo.
- (e) P_2O_5 – pois este é um sal básico que irá oxigenar o solo.

>> Dica da questão 65: O Nox do Ti no óxido deve ser obrigatoriamente o mesmo no composto BaTiO_3 .

TEXTOS COMPLEMENTARES

O efeito estufa

O efeito estufa talvez seja o problema ambiental com o menor número de soluções práticas da atualidade. Os gases que intensificam a estufa são lançados pelos canos de escapamento de veículos automotores, cuja frota vem crescendo ano a ano. A análise deste problema é complicada e exige teorias bastante avançadas.

Porém, neste texto, analisaremos de forma reduzida a questão, procurando entender o esqueleto central do assunto.

A atmosfera é uma estufa

Estufa é todo o sistema aberto ou fechado capaz de reter calor. Por exemplo, quando deixamos um automóvel fechado exposto ao sol, ele aquece bem mais rapidamente que o meio externo. Isso porque o calor tem “facilidade de entrar” e “dificuldade de sair”. Como a energia fica retida, a temperatura se torna bem mais alta e este carro passa a constituir uma miniestufa. Assim ocorre com as construções próprias para abrigar plantas e flores de climas tropicais. No entanto, a nossa atmosfera constitui uma estufa gigante, já que possui enorme capacidade de reter calor. Isso é comprovado a partir de alguns estudos feitos a respeito de eras glaciais. Essas eras são fundamentalmente a propagação do gelo dos polos para o Equador e ocorrem em períodos de 100 mil anos. Contudo, apesar da invasão do gelo, a temperatura global do planeta baixa apenas 5 °C. Estudos recentes confirmam que esse abaixamento na temperatura global do planeta renova as espécies, ou seja, faz com que espécies mais fracas não suportem essa diferença climática e cheguem à extinção. A partir daí, novas espécies se fortalecem na competição natural e adquirem mais chances de sobrevivência. Mas poderíamos perguntar: 5 °C não é um abaixamento muito pequeno para uma era glacial? Sim, e isso se deve ao fato da atmosfera ser uma grande estufa, ou seja, retém calor e impede um abaixamento maior da temperatura. Todavia, é importante ter em mente que 5 °C é uma diferença de temperatura capaz de mudar a estrutura de um ecossistema. Então, por que a estufa da atmosfera preocupa tanto os ambientalistas?

Gases que intensificam a estufa

O efeito estufa está se intensificando pela emissão de alguns gases poluentes.

A emissão excessiva de gás carbônico (CO_2) pelos canos de escapamento dos carros é a principal causa do efeito estufa. O CO_2 tem enorme capacidade de impedir a saída de calor da atmosfera. Além disso, como a sua quantidade está aumentando assustadoramente, torna-se cada vez mais difícil eliminá-lo.

O gás dos pântanos, metano (CH_4), é assim denominado por ser expelido pelos manguezais, devido à decomposição de materiais orgânicos. Ele é outro gás que contribui para o efeito estufa. Quanto mais quente estiver o planeta, mais rápido é o processo de decomposição nos manguezais e, portanto, maior é a emissão do CH_4 . Isso nos leva a concluir que o efeito estufa, em relação a este gás, constitui uma reação em cadeia, já que quanto maior o efeito mais metano é liberado, intensificando-o.

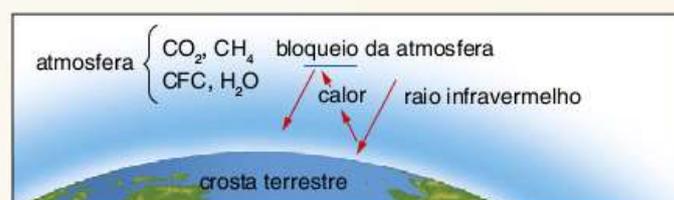
Um terceiro gás é o CFC, que muitos associam somente à destruição da camada de ozônio. Todavia, o CFC tem um alto poder de retenção. Felizmente, está distribuído na atmosfera com uma incidência bem menor que os anteriores.

Por fim, o vapor-d'água é um dos melhores retentores de calor, já que possui um alto calor específico. Como é um componente natural, não pode ser combatido.

Como ocorre o efeito estufa e quais as suas principais consequências?

O calor não entra no planeta dessa forma. Inicialmente, o calor é composto de raios infravermelhos que, quando chegam ao solo, são refletidos na forma de calor e conseqüentemente aumentam a temperatura global do planeta.

Veja o esquema abaixo.



Transformação de raios infravermelhos em calor e sua posterior retenção.

Com o aumento da temperatura global do planeta, existe o risco das geleiras polares derreterem, aumentando o nível dos oceanos e inundando cidades litorâneas como Rio de Janeiro, Recife, Nova York, Lisboa etc. Além disso, pela previsão de estudiosos ambientalistas, em 2.040 a temperatura global do planeta tende a aumentar de 5 °C. O que isso significa? Lembre-se de que uma variação de 5 °C na temperatura global do planeta é suficientemente grande para exterminar certas espécies. Será que não estamos nos condenando à morte?

Cientistas alertam para níveis excessivos de CO₂ nos oceanos

Um artigo publicado no renomado periódico *Geophysical Research Letters*, e assinado por nada menos que 25 cientistas, alerta que se os níveis de emissão de dióxido de carbono – CO₂ – produzida pelas atividades humanas não forem severamente reduzidos, até a metade deste século a química dos oceanos estará tão alterada que violará os critérios da agência norte-americana de proteção ambiental, EPA.



Costa litorânea.

Essa é a primeira vez que os pesquisadores reconhecem que as emissões de CO₂ violarão os critérios para a qualidade da água dos oceanos, estipulados pela agência em 1976.

“Aproximadamente um terço do CO₂ produzido pela queima de combustível fóssil é absorvido pelos oceanos. Quando o CO₂ se dissolve na água, produz o ácido carbônico, que pode destruir recifes de corais, fitoplânctons e zooplânctons, os mais críticos elementos na base da cadeia alimentar dos oceanos”, explica Ken Caldeira, do Departamento de Ecologia Global da Instituição Carnegie, dos Estados Unidos. “Em concentrações elevadas, o ácido pode corroer a concha de moluscos, romper a formação de corais e interferir na quantidade de oxigênio do oceano”.



Recife de coral saudável.

Recife de coral não saudável.

Níveis de concentração

A maior parte dos estudos atuais mostra que se os esforços para se conter as emissões não forem ampliados, até o final do século a concentração de dióxido de carbono na atmosfera atingirá 760 ppm (partes por milhão), o dobro da atual. Algumas estimativas mostram que na metade do século a concentração será de 500 ppm. Apenas para comparação, antes da Revolução Industrial, entre os séculos 18 e 19, os níveis eram de aproximadamente 280 ppm. Atualmente, o valor já atinge 380 ppm.

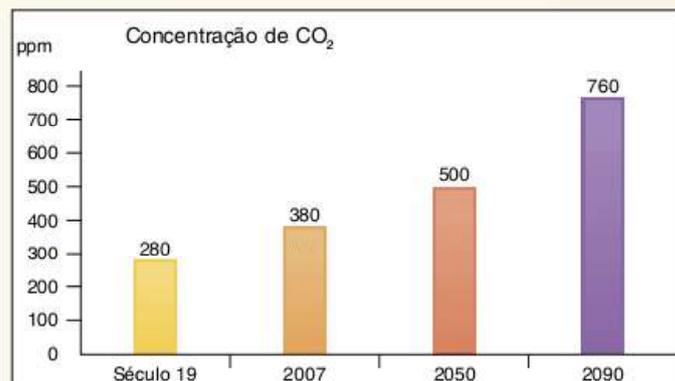


Gráfico de CO₂ na atmosfera ao longo dos anos.

Acidez

A acidez do CO₂ dissolvido na água do oceano é medida com a ajuda da escala pH (potencial hidrogeniônico). Um declínio nos valores de pH indica que uma solução é mais ácida. Pelos critérios da EPA, em regiões oceânicas que apresentam profundidades muito maiores que a zona eufótica, o nível de pH não pode apresentar variações maiores que 0,2 unidades, respeitando-se a variação natural do local. A zona eufótica se estende desde a superfície do oceano até aproximadamente 200 metros de profundidade. Dentro desta faixa, a luz solar ainda pode penetrar, permitindo a ocorrência da fotossíntese.

Segundo Caldeira, as concentrações de CO₂ na atmosfera precisam se manter menores que 500 ppm para que a variação da acidez permaneça dentro dos limites aceitáveis. Se o nível subir acima disso, praticamente toda a superfície dos oceanos estará fora dos padrões. “Precisamos começar a enxergar o CO₂ como um poluente do oceano. Isso é, quando lançamos dióxido de carbono na atmosfera, estamos na realidade descarregando lixo nas águas do mar”.

Para que os níveis da concentração de dióxido de carbono permaneçam abaixo de 500 ppm, será necessária uma mudança rápida nos métodos de produção e consumo. Energias provenientes do petróleo e da queima do carvão não podem mais se enquadrar em qualquer modelo futuro de planejamento. Esse modelo se tornou obsoleto e politicamente incorreto. Os países que conseguirem sair à frente na pesquisa de fontes alternativas viáveis serão os que darão as cartas na próxima metade desse século.

Apolo 11. Disponível em: <www.apolo11.com/mudancas_climaticas.php?posic=dat_20070920-095449.inc>.

RESUMINDO

Neste capítulo, percebemos que é absolutamente necessário o domínio da matéria apresentada no capítulo anterior. O entendimento dos ácidos e bases constitui o alicerce para o aprendizado das duas grandes funções estudadas no presente capítulo: os sais e óxidos.

Desta forma, estudamos essas duas funções de forma sistemática.

No caso dos sais, você aprendeu:

- definição;
- formulação;
- nomenclatura;
- neutralizações totais;
- neutralizações parciais;

- sais duplos;
- solubilidade dos sais;
- uso cotidiano dos principais sais.

E no caso dos óxidos:

- definição;
- classificação;
- reações envolvendo óxidos;
- peróxidos e Superóxidos;
- uso cotidiano dos principais óxidos.

■ QUER SABER MAIS?



SITES

■ Sais e óxidos no dia a dia

Disponível em: <www.brasilecola.com/quimica/sais-no-cotidiano.htm>.

Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp>.

Exercícios complementares

Sais - I

1 Puccamp Os pigmentos de tinta CdS , BaSO_4 e $\text{Cr}(\text{OH})_3$ são denominados, na ordem dada:

- sulfeto de cádmio, sulfeto de bário e óxido de crômio.
- sulfato de cádmio, sulfato de bário e hidróxido de crômio.
- sulfeto de cádmio, sulfato de bário e hidróxido de crômio.
- tiossulfato de cádmio, sulfato de bário e óxido crômico.
- sulfeto de cádmio, sulfato de bário e anidrido crômico.

2 Puccamp O NH_4ClO_4 , propelente sólido de foguetes e NaHCO_3 , de comercialização controlada para restringir a produção do “crack”, são, respectivamente, os compostos:

- clorato de amônia e carbonato de sódio.
- perclorato de amônio e carbonato ácido de sódio.
- hipoclorito de amônio e oxalato ácido de sódio.
- clorito de amônia e carbeto de sódio.
- cloreto de amônio e bicarbonato de sódio.

3 Puccamp Água boricada, água de cal e água sanitária têm como componentes substâncias de fórmulas H_3BO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e NaClO .

Os nomes dos compostos e das funções químicas a que eles pertencem são:

- H_3BO_3 – Nome: hidreto de boro, Função: hidreto.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidróxido de cálcio, Função: base.
 NaClO – Nome: cloreto de sódio, função: sal.

- H_3BO_3 – Nome: hidreto de boro, Função: hidreto.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidreto de cálcio, Função: hidreto.
 NaClO – Nome: cloreto de sódio, Função: sal.
- H_3BO_3 – Nome: ácido bórico, Função: ácido.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidróxido de cálcio, Função: base.
 NaClO – Nome: hipoclorito de sódio, Função: sal.
- H_3BO_3 – Nome: ácido bórico, Função: ácido.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidreto de cálcio, Função: hidreto.
 NaClO – Nome: hipoclorito de sódio, Função: sal.
- H_3BO_3 – Nome: hidróxido de boro, Função: base.
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – Nome: hidróxido de cálcio, Função: base.
 NaClO – Nome: clorato de sódio, Função: sal.

4 Udesc Escolha a alternativa que contém exclusivamente sais.

- HCl – H_2S – H_2O
- NaBr – CaO – H_3PO_2
- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – P_2O_5 – Na_2SO_4
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – LiCl – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- HBr – NaBr – Na_2O

5 UEL Quantos elementos químicos compõem o sulfato cúprico pentaidratado?

- 7
- 6
- 5
- 4
- 3

6 UEL A observação que leva a concluir que há reação química quando solução aquosa de NaOH é misturada com solução aquosa de H₂SO₄, nas condições ambiente, é a:

- (a) formação de produto gasoso.
- (b) mudança de cor.
- (c) mudança de cheiro.
- (d) formação de precipitado.
- (e) liberação de calor.

7 UFRGS No processo de produção do sal refinado, a lavagem do sal marinho provoca a perda do iodo natural, sendo necessário, depois, acrescentá-lo na forma de *iodeto de potássio*. Outra perda significativa é a de íons magnésio, presentes no sal marinho na forma de *cloreto de magnésio* e *sulfato de magnésio*. Durante este processo são também adicionados alvejantes como o *carbonato de sódio*.

As fórmulas representativas das substâncias em destaque no texto anterior são, respectivamente:

- (a) KI, MgCl, MgSO₄ e NaCO₃
- (b) K₂I, MgCl₂, Mg₂SO₄ e Na₂CO₃
- (c) K₂I, Mg₂Cl, MgSO₄ e Na(CO₃)₂
- (d) KI, MgCl₂, MgSO₄ e Na₂CO₃
- (e) KI₂, Mg₂Cl, Mg(SO₄)₂ e Na₃CO₃

8 UFPR 2006 A seguir, estão relacionados os usos industriais de alguns produtos. Numere a coluna dos produtos de acordo com a coluna das utilidades.

1. Fabricação de sabão.
2. Esterilização da água.
3. Fabricação de fertilizantes.
4. Fabricação do aço em alto-forno.
5. Fabricação de cimento.

- Carbono
- Calcário
- Ácido nítrico
- Soda
- Ozônio

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta da coluna dos produtos, de cima para baixo.

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

9 UFRGS Considerando-se que o elemento ferro pode formar diferentes compostos nos quais apresenta valores de número de oxidação +2 ou +3, as fórmulas dos possíveis sulfatos e hidróxidos de ferro são:

- (a) Fe₂SO₄, Fe₃SO₄, Fe₂OH, Fe₃OH
- (b) FeSO₄, Fe₂(SO₄)₃, Fe(OH)₂, Fe(OH)₃
- (c) Fe(SO₄)₂, Fe(SO₄)₃, FeO, Fe₂O₃
- (d) FeSO₃, Fe₂(SO₃)₃, FeOH, Fe(OH)₃
- (e) FeS, Fe₂S₃, Fe₂O₃, Fe₃O₄

10 UFV Cloreto de potássio, fosfato de cálcio, nitrato de sódio e sulfato de amônio são utilizados como fertilizantes na agricultura. As fórmulas correspondentes a estes sais são, respectivamente:

- (a) PCl₃ - CaPO₄ - NaNO₃ - (NH₄)₂SO₄
- (b) KCl - Ca₃(PO₄)₂ - NaNO₂ - (NH₄)₂SO₄
- (c) KCl - Ca₂(PO₄)₃ - NaNO₂ - (NH₄)₂(SO₄)₃
- (d) PCl₃ - Ca₃(PO₄)₂ - NaNO₃ - (NH₄)₂SO₄
- (e) KCl - Ca₃(PO₄)₂ - NaNO₃ - (NH₄)₂SO₄

11 Ufla 2006 O bicarbonato de sódio é empregado na fabricação de efervescentes digestivos (exemplo: sal de frutas). Na presença de ácido, o bicarbonato reage liberando gás carbônico, que é responsável pela efervescência. A equação química que representa esse processo é

- (a) NaHCO_{3(s)} + H⁺_(aq) → Na⁺_(aq) + CO_{2(g)} + H₂O_(l)
- (b) NaHCO_{3(s)} + H⁺_(aq) → Na⁺_(aq) + CO_{2(g)} + H_{2(g)} + O_{2(g)}
- (c) NaHCO_{3(s)} + OH⁻_(aq) → Na⁺_(aq) + H₂CO_{3(aq)} + O_{2⁻(aq)}
- (d) NaHCO_{3(s)} + H⁺_(aq) → Na⁺_(aq) + H₂CO_{3(aq)}
- (e) NaHCO_{3(s)} + H⁺_(aq) + OH⁻_(aq) → NaH_(s) + CO_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} + H₂O_(l)

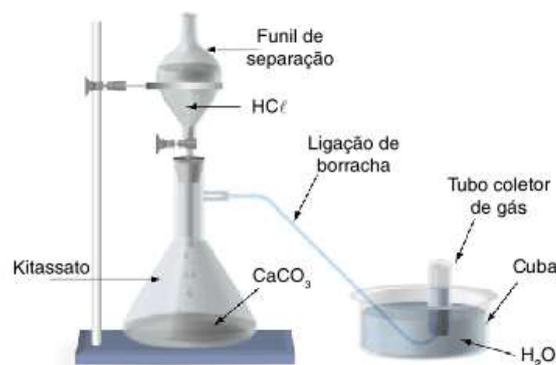
12 Unifav São considerados sais terciários:

- (a) NaCl e NaHS
- (b) CaO e H₂SO₄
- (c) NaHS e Na₂CO₃
- (d) Ni(OH)₃ e FePO₄
- (e) H₂SO₄ e Ni(OH)₃

13 Vunesp Quando se coloca ácido clorídrico sobre uma concha do mar, ela é totalmente dissolvida e há desprendimento de um gás. Este gás é o mesmo que é exalado na respiração animal. Portanto, o sal insolúvel que constitui a carapaça da concha do mar é:

- (a) CaCO₃
- (b) CaSO₄
- (c) CaF₂
- (d) Ca(NO₃)₂
- (e) Ca(OH)₂

14 Seja o sistema a seguir, os produtos da reação entre HCl e CaCO₃ são:



- (a) CaO, H₂CO₃ e Cl₂
- (b) CaCl₂, H₂O e CO₂
- (c) CaCl₂, CO₂ e H₂
- (d) CaH₂, CO₂ e Cl₂

>> Dica da questão 12: Os sais podem ser: binários – 2 elementos / ternários ou terciários – 3 elementos / quaternários – 4 elementos.

15 Udesp Completar as seguintes neutralizações totais:

- a) $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow$
 b) $\text{H}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow$
 c) $\text{H}_2\text{S} + \text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow$

16 Vunesp Escreva:

- a) as fórmulas químicas dos compostos hidrogenocarbonato de sódio e sulfato de ferro (III).
 b) os nomes dos compostos químicos de fórmulas NH_4NO_2 e PbI_2 .

Sais - II

17 Fatec Três frascos não rotulados contêm líquidos incolores que podem ser ou solução de Na_2CO_3 , ou solução de Na_2SO_4 , ou solução de NaCl . Para identificar os conteúdos dos frascos, um analista numerou-os como I, II e III e realizou os testes cujos resultados estão indicados a seguir.

Solução Reagente adicionado	I	II	III
$\text{BaCl}_{2(\text{aq})}$	ppt branco	—	ppt branco
$\text{HCl}_{(\text{aq})}$	—	—	efervescência

Com esses resultados, o analista pôde concluir que os frascos I, II e III contêm, respectivamente:

- (a) $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$, $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$ e $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$
 (b) $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$, $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ e $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$
 (c) $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$, $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ e $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$
 (d) $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$, $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$ e $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$
 (e) $\text{Na}_2\text{CO}_{3(\text{aq})}$, $\text{Na}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ e $\text{NaCl}_{(\text{aq})}$

18 ITA 2007 Nas condições ambientes, a 1 L de água pura, adiciona-se 0,01 mol de cada uma das substâncias A e B descritas nas opções a seguir. Dentre elas, qual solução apresenta a maior condutividade elétrica?

- (a) A = NaCl e B = AgNO_3 (d) A = KI e B = $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
 (b) A = HCl e B = NaOH (e) A = $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ e B = ZnCl_2
 (c) A = HCl e B = CH_3COONa

19 Fuvest 2010 Uma estudante de química realizou quatro experimentos, que consistiram em misturar soluções aquosas de sais inorgânicos e observar os resultados. As observações foram anotadas em uma tabela:

Experimento	Solutos contidos inicialmente nas soluções que foram misturadas	Observações
1	$\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$ $\text{Mg}(\text{IO}_3)_2$	formação de precipitado branco
2	$\text{Mg}(\text{IO}_3)_2$ $\text{Pb}(\text{ClO}_3)_2$	formação de precipitado branco
3	MgCrO_4 $\text{Pb}(\text{ClO}_3)_2$	formação de precipitado amarelo
4	MgCrO_4 $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$	nenhuma transformação observada

A partir desses experimentos, conclui-se que são pouco solúveis em água somente os compostos:

- (a) $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$ e $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$
 (b) PbCrO_4 e $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$
 (c) $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ e CaCrO_4
 (d) $\text{Ba}(\text{IO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$ e PbCrO_4
 (e) $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$, PbCrO_4 e CaCrO_4

20 Fuvest

Holanda quer deixar de ser um País Baixo

Cientistas estão pesquisando a viabilidade de se elevar o litoral holandês – que é muito baixo e há séculos vem sendo ameaçado por enchentes – através da injeção de substâncias químicas na terra.

Os pesquisadores acreditam poder elevar o litoral injetando ácido sulfúrico numa camada de rocha calcárea 1,5 km abaixo da superfície. A reação química resultante produziria gipsita, que ocupa o dobro do espaço do calcáreo e que empurra a superfície terrestre para cima.

Da Reuter - Notícia publicada na Folha de S.Paulo, out. 1992.

Sabendo que a gipsita é CaSO_4 hidratado e que o calcáreo é CaCO_3 , a reação citada produz também:

- (a) H_2S (d) SO_3
 (b) CO_2 (e) NH_3
 (c) CH_4

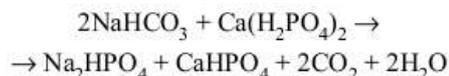
21 UFRGS 2005 Quando o cloreto de potássio reage com uma solução aquosa de nitrato de prata, forma-se um precipitado branco de:

- (a) K_2O (d) KNO_3
 (b) Ag (e) Ag_2O
 (c) AgCl

22 Sabendo-se que o “ânion bicarbonato” é HCO_3^- , então podemos dizer que a fórmula do bicarbonato de sódio é:

- (a) NaHCO_3 (d) KHCO_3
 (b) CuHCO_3 (e) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
 (c) SdHCO_3

23 Puccamp Determinados tipos de fermentos químicos, quando umedecidos, liberam gás carbônico pela reação:



Os componentes desses fermentos são classificados como

- (a) sais ácidos. (d) hidrácidos.
 (b) sais básicos. (e) bases inorgânicas.
 (c) oxiácidos.

24 PUC-MG Sobre o hidrogenocarbonato de sódio (NaHCO_3), todas as afirmativas estão corretas, exceto:

- (a) É empregado na neutralização de ácidos.
 (b) É empregado como fermento de massas de bolo e na extinção de pequenas chamas, pelo CO_2 , resultante da sua decomposição térmica de acordo com a reação $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.
 (c) Sua solução aquosa fica vermelha em presença do indicador fenolftaleína.

- (d) É classificado como sal ácido, chamado comercialmente de bicarbonato de sódio.
 (e) A decomposição térmica de um mol do sal produz 22,4 litros de CO₂ nas CNTP.

25 Uece Associe corretamente, de cima para baixo, as colunas a seguir.

- I. Na₂B₄O₇ · 10H₂O
 II. Mg(OH)Cl
 III. NaKSO₄
 IV. NaHCO₃

- Sal básico
 Sal duplo
 Sal ácido
 Sal hidratado

A associação correta é:

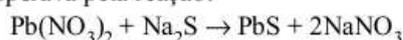
- (a) I, III, IV, II (c) I, II, III, IV
 (b) II, IV, III, I (d) II, III, IV, I

26 Uerj Recentemente, foi confirmada a existência de água mineral medicinal no município de Resende. Segundo foi publicado na imprensa, a água encontrada é rica em bicarbonatos, oficialmente denominados hidrogenocarbonatos.

As fórmulas químicas correspondentes aos hidrogeno-carbonatos de sódio e de cálcio são, respectivamente:

- (a) Na₂CO₃ e CaHCO₃ (c) NaHCO₃ e Ca(HCO₃)₂
 (b) NaHCO₃ e CaHCO₃ (d) Na₂CO₃ e Ca(HCO₃)₂

27 Fatec 2009 Relatos históricos contam que, durante a Segunda Guerra Mundial, espões mandavam mensagens com uma “tinta invisível”, que era essencialmente uma solução de nitrato de chumbo. Para tornar a escrita com nitrato de chumbo visível o receptor da mensagem colocava sobre a “tinta invisível” uma solução de sulfeto de sódio, Na₂S, bastante solúvel em água e esperava pela reação:



Com base nas informações, afirma-se que:

- I. essa reação formava o nitrato de sódio e sulfeto de chumbo.
 II. o sulfeto de chumbo PbS que precipitava e possibilitava a leitura da mensagem.
 III. o sulfeto de chumbo, por ser muito solúvel em água, possibilitava a leitura da mensagem.
 IV. o nitrato de sódio que precipitava e possibilitava a leitura da mensagem.

É correto o que se afirma em apenas:

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

28 Uece Marque a alternativa que apresenta a reação da formação de um sal com as seguintes características: quaternário, oxigenado, anidro e ácido.

- (a) H₃PO₄ + NaOH → NaH₂PO₄ + H₂O
 (b) 2H₂SO₄ + Ca(OH)₂ → CaH₂(SO₄)₂ · H₂O + H₂O
 (c) HCl + Ca(OH)₂ → Ca(OH)Cl + H₂O
 (d) H₃PO₄ + 3 NaOH → Na₃PO₄ + 3H₂O

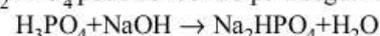
29 Mackenzie Combinando entre si dois dos íons Na⁺, NO₂⁻, Ca²⁺, H⁺, Cl⁻ e OH⁻, o número máximo de compostos pertencentes respectivamente às funções inorgânicas base, ácido e sal é:

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

30 UnB O elemento químico fósforo é absorvido pelas plantas sob a forma de sais, tais como NaH₂PO₄ e Na₂HPO₄. A absorção desses sais é mais eficiente quando o pH do solo está entre 5 e 8.

Com o auxílio dessas informações, julgue os itens adiante.

- (1) O nome do sal Na₂HPO₄ é monohidrogenofosfato de sódio.
 (2) O sal Na₂HPO₄ pode ser obtido pela seguinte reação:



31 Unirio As reações entre os ácidos e as bases produzem sal e água. Tendo em vista que estas reações são de neutralização parcial, indique a única opção que representa a equação da reação onde não é obtido um sal ácido ou sal básico, pois não se trata de reação de neutralização parcial.

- (a) H₂SO₄ + NaOH → NaHSO₄ + H₂O
 (b) HNO₃ + Ca(OH)₂ → Ca(OH)NO₃ + H₂O
 (c) H₃PO₄ + 2LiOH → Li₂HPO₄ + 2H₂O
 (d) HCl + Mg(OH)₂ → Mg(OH)Cl + H₂O
 (e) H₃PO₃ + 2KOH → K₂HPO₃ + 2H₂O

32 Vunesp Os nomes dos compostos NaHSO₃ e Fe₃(PO₄)₂ são, respectivamente:

- (a) sulfato de sódio e fosfato de ferro (II).
 (b) sulfato de sódio e fosfito ferroso.
 (c) di-hidrogenossulfato de sódio e fosfato de ferro (III).
 (d) sulfeto de sódio e fosfito de férrico.
 (e) hidrogenossulfito de sódio e fosfato de ferro(II).

33 Vunesp Quando se reagem 1 mol de hidróxido de potássio com 1 mol de ácido fosfórico e 1 mol da mesma base com 1 mol de ácido sulfúrico obtém-se, respectivamente:

- (a) KH₂PO₄ e KHSO₄ (d) KH₂PO₃ e K₂SO₄
 (b) K₂HPO₄ e KHSO₄ (e) K₂HPO₃ e K₂SO₄
 (c) K₃HPO₄ e K₂SO₃

34 A reação de 1 mol de ácido fosfórico com dois mols de hidróxido de sódio produz:

- (a) 2 mols de Na₃PO₄
 (b) 1 mol de Na₂HPO₄
 (c) 3 mols de NaH₂PO₄
 (d) 2 mols de Na₃PO₃
 (e) 1 mol de NaH₂PO₂ e 1 mol de Na₂HPO₃

35 ITA São pouco solúveis em água os seguintes pares de sais:

- (a) BaCl₂ e PbCl₂ (d) K₂CrO₄ e Na₂CrO₄
 (b) MgSO₄ e BaSO₄ (e) AgBr e PbS
 (c) PbSO₄ e Pb(NO₃)₂

Óxidos

36 FEI Foram analisadas 4 substâncias desconhecidas e observou-se o seguinte:

- na substância I – presença de íons Na^+ e oxigênio
- na substância II – presença de íons Na^+ e H^+
- na substância III – presença de íons H^+
- na substância IV – presença de íons Na^+ e átomos de H

Considerando que apenas a substância IV não apresentou um ânion bivalente, a sequência de substâncias que podem ser classificadas, respectivamente, como ácido, base, sal e óxido é:

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

37 Fuvest A respiração de um astronauta numa nave espacial causa o aumento da concentração de dióxido de carbono na cabine. O dióxido de carbono é continuamente eliminado através da reação química com reagente apropriado. Qual dos reagentes a seguir é o mais indicado para retirar o dióxido de carbono da atmosfera da cabine?

- (a) Ácido sulfúrico concentrado.
- (b) Hidróxido de lítio.
- (c) Ácido acético concentrado.
- (d) Água destilada.
- (e) Fenol.

38 Fuvest Paredes pintadas com cal extinta (apagada), com o tempo, ficam recobertas por película de carbonato de cálcio devido à reação da cal extinta com o gás carbônico do ar. A equação que representa essa reação é:

- (a) $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$
- (b) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- (c) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- (d) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CaO} \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- (e) $2\text{CaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

39 Fuvest A redução da acidez de solos, impróprios para algumas culturas, pode ser feita tratando-os com:

- (a) gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- (b) salitre (NaNO_3)
- (c) calcário (CaCO_3)
- (d) sal marinho (NaCl)
- (e) sílica (SiO_2)

40 ITA Considere as seguintes afirmações.

- I. Óxidos como Na_2O , MgO e ZnO são compostos iônicos.
- II. Óxidos como K_2O , BaO e CuO são básicos.
- III. Óxido de carbono, nitrogênio e enxofre são compostos moleculares.
- IV. PbO_2 e MnO_2 são oxidantes fortes.

Destas afirmações estão corretas:

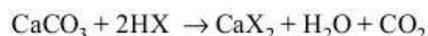
- (a) apenas I e II.
- (b) apenas I e III.
- (c) apenas III e IV.
- (d) apenas I, II e III.
- (e) todas.

41 UFF 2006

A pérola é o resultado da reação de moluscos, como ostras e conchas de mar e água doce, a qualquer corpo estranho que esteja em sua parte interna, conhecida como manto.

Discovery Magazine, set. 2004.

Boa parte da massa das pérolas – usada na confecção de colares – se deve ao carbonato de cálcio. O contato prolongado das pérolas com a acidez do suor faz com que elas sofram um processo lento de corrosão, processo esse que pode ser representado pela reação:



Desprezando-se o estado físico dos reagentes e dos produtos e sabendo-se que HX representa ácidos presentes no suor, assinale a opção correta.

- (a) Se, hipoteticamente, HX for substituído pelo H_2S , o sal produzido será o sulfeto de cálcio.
- (b) Se, hipoteticamente, HX for substituído pelo HCl , o sal produzido será o cloreto de cálcio.
- (c) O sal produzido será o CaH_2CO_3 , já que HX é representado pelo ácido carbônico.
- (d) Se, hipoteticamente, HX for substituído pelo HBr , o sal produzido será um bromato.
- (e) O CaCO_3 é muito solúvel em água, portanto não pode ser atacado por hidrácidos.

42 Mackenzie Soprando ar, através de um canudo introduzido num tubo de ensaio que contém água de barita ($\text{Ba}(\text{OH})_2$), verifica-se que a solução turva, pela formação de um precipitado branco. O precipitado e o gás que provoca a sua formação são, respectivamente:

- (a) BaO e O_2
- (b) BaCO_3 e CO_2
- (c) Ba e CO_2
- (d) BaCO_3 e CO
- (e) $\text{Ba}(\text{OH})_2$ e O_2

43 Fuvest 2007 A cúpula central da Basílica de Aparecida do Norte receberá novas chapas de cobre que serão envelhecidas artificialmente, pois, expostas ao ar, só adquiririam a cor verde das chapas atuais após 25 anos. Um dos compostos que conferem cor verde às chapas de cobre, no envelhecimento natural, é a malaquita, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Dentre os constituintes do ar atmosférico, são necessários e suficientes para a formação da malaquita:

- (a) nitrogênio e oxigênio.
- (b) nitrogênio, dióxido de carbono e água.
- (c) dióxido de carbono e oxigênio.
- (d) dióxido de carbono, oxigênio e água.
- (e) nitrogênio, oxigênio e água.

44 Mackenzie A ferrugem é uma mistura de hidróxido e óxido de Fe^{2+} e Fe^{3+} . A alternativa que apresenta formulação correta de duas dessas substâncias é:

- (a) Fe_2OH e Fe_2O_3
- (b) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e FeO
- (c) FeOH_2 e FeO_2
- (d) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ e Fe_2O
- (e) FeOH e Fe_2O_3

>> Dica da questão 36: A questão é extremamente rigorosa nos conceitos. Quando se fala em íon, trata-se de uma espécie que efetivamente faz ligação iônica ou que sofreu ionização. Átomos, como são neutros, estão fazendo ligações covalentes. Dica da questão 40: Em geral, metais de $\text{Nox } 4+, 5+, 6+ \text{ e } 7+$ constituem substâncias com forte caráter oxidante.

45 UFRGS 2005 Assinale, entre as reações a seguir, aquela em que um óxido metálico funciona como óxido ácido.

- (a) $\text{ZnO} + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- (b) $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$
- (c) $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2$
- (d) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{O}$
- (e) $\text{SrO} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{SrSO}_4$

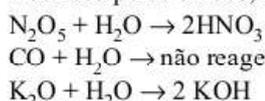
46 ITA 2006 Considere os seguintes óxidos (I, II, III, IV e V):

- I. CaO
- II. N_2O_5
- III. Na_2O
- IV. P_2O_5
- V. SO_3

Assinale a opção que apresenta os óxidos que, quando dissolvidos em água pura, tornam o meio ácido.

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

47 Mackenzie Nas equações abaixo, do comportamento mostrado pelos óxidos, conclui-se que:



- (a) CO é um óxido neutro ou indiferente.
- (b) K_2O é um óxido ácido.
- (c) N_2O_5 é um óxido duplo ou misto.
- (d) N_2O_5 é um óxido básico.
- (e) K_2O é um peróxido.

48 Ufla 2008 O H_2S , também conhecido como gás sulfídrico e *gás do ovo podre*, é produzido pela decomposição de matéria orgânica vegetal e animal. Na atmosfera, em contato com o oxigênio, o H_2S transforma-se em dióxido de enxofre e água.

- a) Escreva a equação que representa a reação completa e balanceada do gás sulfídrico com oxigênio.
- b) O trióxido de enxofre reage com água (umidade do ar) e forma um dos ácidos responsáveis pelo fenômeno da chuva ácida. Escreva a fórmula molecular e o nome desse ácido.

49 Puccamp As substâncias MgSO_4 (sal amargo), NaOH (soda cáustica) e SiO_2 (sílica), de acordo com suas funções químicas são chamadas, respectivamente, de:

- (a) sulfeto de magnésio, hidróxido de sódio e óxido de silício.
- (b) bissulfato de magnésio, hidreto de sódio e peróxido de silício.
- (c) sulfato de magnésio, hidróxido de sódio e dióxido de silício.
- (d) bissulfato de magnésio, óxido de sódio e dióxido de silício.
- (e) tiosulfato de magnésio, hidróxido de sódio e bióxido de silício.

50 Puccamp Considere as seguintes substâncias:

- I. cal virgem, CaO
- II. cal hidratada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- III. gipsita, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

De acordo com as regras de nomenclatura de substâncias inorgânicas, os nomes desses compostos são, respectivamente:

- (a) peróxido de cálcio, hidreto de cálcio e sulfato de cálcio anidro.
- (b) monóxido de cálcio, hidróxido de cálcio e sulfeto hidratado de cálcio.
- (c) óxido de cálcio, hidreto de cálcio e sulfato de cálcio di-hidratado.
- (d) peróxido de cálcio, hidreto de cálcio e sulfato de cálcio hidratado.
- (e) óxido de cálcio, hidróxido de cálcio e sulfato de cálcio di-hidratado.

51 Puccamp 2005 Sobre o destino do CO_2 que se dissolve nos oceanos, fizeram-se as seguintes afirmações.

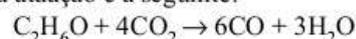
- I. Essa substância é absorvida e utilizada pelo fitoplâncton, que é a base das cadeias alimentares marinhas.
- II. A partir dessa substância formam-se carbonatos, indispensáveis para os animais que têm exoesqueleto calcário, tais como corais, moluscos e crustáceos.
- III. Parte do carbonato resultante das reações químicas que se iniciam com o CO_2 deposita-se nos oceanos, integrando rochas calcárias.

É correto o que se afirma em:

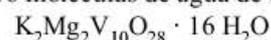
- (a) I, somente.
- (b) I e II, somente.
- (c) I e III, somente.
- (d) II e III, somente.
- (e) I, II e III.

52 Uece Joseph Priestley (1733-1804), pastor da Igreja Não Conformista Inglesa, no ano de 1767, em Leeds, noroeste da Inglaterra, deu uma contribuição decisiva para a história das bebidas. Aproveitando o ambiente carregado de CO_2 que vinha da cervejaria próxima de sua casa, o pastor usou um artifício simples: derramava água de um copo para outro repetidas vezes, e quando passava pelo ar, um pouco de gás dissolvia no líquido, que ao final de inúmeras repetições acabava borbulhante. Mais tarde, Priestley criou um aparelho que dispensava a existência de uma cervejaria por perto, para gaseificar a água. Era o começo da indústria de refrigerantes. Com relação ao gás carbônico, assinale a alternativa verdadeira.

- (a) É considerado um óxido ácido porquanto reage com uma base formando sal e água, conforme a equação:
- (b) As ligações carbono-oxigênio são duplas, com o átomo de carbono apresentando hibridação sp^2 .
- (c) É o principal produto da reação de fotossíntese, que é realizada pelos vegetais.
- (d) Quando ocorre a queima do álcool no motor de um automóvel, sua atuação é a seguinte:



53 A fórmula do decavanadato (duplo) de dipotássio e dimagnésio com 16 moléculas de água de cristalização é:



De qual óxido de vanádio deriva esse decavanadato?

- (a) V_2O_7 (d) V_2O
 (b) V_2O_5 (e) VO
 (c) V_2O_3

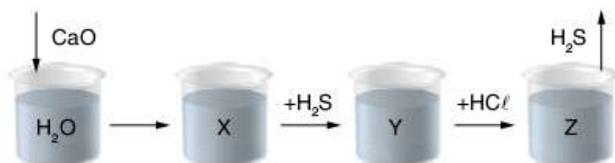
54 UFPR 2010 Óxidos metálicos podem ter caráter ácido, básico ou anfótero. O caráter do óxido depende da sua posição na tabela periódica e do estado de oxidação do íon metálico. Sobre esse assunto, responda.

- a) O que é *caráter anfótero*?
 b) O óxido de cálcio, CaO , é um óxido ácido, básico ou anfótero? Escreva reação(ões) que demonstre(m) o caráter do CaO .

55 UFMG Todas as alternativas contêm substâncias que reagem completamente formando um sistema homogêneo, exceto:

- (a) $CaO_{(s)}$ e $HNO_{3(aq)}$
 (b) $Mg(OH)_{2(s)}$ e $H_2SO_{4(aq)}$
 (c) $NaHCO_{3(s)}$ e $CH_3COOH_{(aq)}$
 (d) $NaOH_{(s)}$ e $CO_{2(g)}$
 (e) $SiO_{2(s)}$ e $H_2O_{(l)}$

56 UFRGS 2008 Considere a seguinte sequência de reações de formação dos compostos X, Y e Z.



As substâncias representadas por X, Y e Z são, respectivamente:

- (a) $Ca(OH)_2$, Ca_2S e $CaCl$ (d) CaO_2 , Ca_2S e Ca_2Cl
 (b) CaO_2 , CaS_2 e $CaCl_2$ (e) $Ca(OH)_2$, CaS e $CaCl_2$
 (c) $CaOH$, CaS e $CaCl$

57 Unioeste O Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia de 1998 foi concedido a três norte-americanos descobridores do princípio de como o óxido nítrico transmite sinais pelo corpo e do papel da substância no controle do sistema circulatório. Esta descoberta possibilitou o desenvolvimento da droga contra a impotência, conhecida como Viagra.

Com relação ao óxido nítrico (NO), assinale a(s) afirmativa(s) correta(s).

- 01 É um óxido neutro.
 02 É um peróxido.
 04 Reage com água produzindo ácido.
 08 Reage com base produzindo sal e água.
 16 Reage com ácido e com base.
 32 É formado pela associação de dois óxidos diferentes.
 64 Não reage com água, ácido ou base.

Soma =

58 Unirio O consumidor brasileiro já está informado de que os alimentos industrializados que ingere contêm substâncias cuja função básica é a de preservá-los da deterioração.

Alguns exemplos dessas substâncias são: conservantes – ácido bórico (P.II) e anidrido sulfuroso (P.V); antioxidante – ácido fosfórico (A.III); antiemecantes – carbonato de cálcio (Au.I) e dióxido de silício (Au.VIII). Marque a opção que indica a fórmula de cada substância na ordem apresentada no texto.

- (a) H_2BO_4 ; SO_3 ; H_3PO_3 ; K_2CO_3 ; Si_2O
 (b) H_3BO_3 ; SO_2 ; H_3PO_3 ; K_2CO_3 ; SiO_2
 (c) H_3BO_3 ; SO_2 ; H_3PO_4 ; $CaCO_3$; SiO_2
 (d) H_3BO_3 ; SO_3 ; H_3PO_4 ; $CaCO_3$; Si_2O
 (e) H_3BO_4 ; SO_2 ; H_3PO_3 ; $CaCO_3$; SiO_2

59 Unita Ao assoprarmos água de cal, estamos:

- (a) produzindo carbonato de cálcio.
 (b) injetando oxigênio na solução.
 (c) tornando a solução azul.
 (d) formando um óxido como produto.
 (e) mudando a solução do estado líquido para o estado gasoso.

60 PUC-SP Para a obtenção de 5,2 g de sulfito de magnésio foi realizado um processo que constou das seguintes etapas:

Dados: $Mg = 24$; $O = 16$; $S = 32$.

- combustão de x gramas de enxofre → dióxido de enxofre;
- combustão de y gramas de magnésio → óxido de magnésio;
- dióxido de enxofre + água → ácido representado por A;
- óxido de magnésio + água → base representada por B;
- ácido A + base B → sulfito de magnésio + água.

Assinale a alternativa que indica corretamente os valores de x, de y e as fórmulas do ácido A, da base B e de sulfito de magnésio.

Massas		Fórmulas			
x	y	ácido A	base B	Sulfito de Mg	
(a)	1,6	1,2	H_2SO_3	$Mg(OH)_2$	$MgSO_3$
(b)	1,30	1,95	H_2SO_3	$Mg(OH)_2$	$MgSO_3$
(c)	1,38	1,04	H_2SO_4	$Mg(OH)_2$	$MgSO_4$
(d)	1,89	1,73	H_2SO_4	$Mg(OH)$	Mg_2SO_4
(e)	1,46	2,23	H_2SO_2	$Mg(OH)$	Mg_2SO_2

61 Cesgranrio O óxido de zinco é um óxido tipicamente anfótero. Considere as reações:



A respeito de X e Y, podemos afirmar corretamente que:

- (a) X é $ZnOCl$ e Y, $Zn(OH)_2$.
 (b) X é $ZnCl_2$ e Y, Na_2ZnO_2 .
 (c) X é $ZnOCl_2$ e Y não existe porque não ocorre a reação II.
 (d) X não existe porque a reação I não ocorre e Y é Na_2ZnO_2 .
 (e) X e Y não existem porque a reação I e II são impossíveis.

62 ITA Assinale a alternativa falsa em relação a propriedades de óxidos.

- (a) SiO_2 forma ácido muito solúvel em H_2O .
 (b) NO_2 reage com água produzindo HNO_2 e HNO_3 .
 (c) Cr_2O_3 é um óxido básico.
 (d) CrO_3 é um óxido ácido.
 (e) ZnO reage com bases fortes.

Soluções

6

FRENTE 2

Temos três soluções com o indicador azul de bromotimol, uma para meio ácido, outra para meio básico e outra para meio neutro. A visualização dessas cores é fundamental para a realização de uma titulação ácido-base, procedimento importantíssimo que determina a concentração desconhecida de uma solução.



Dispersões

Dispersão é toda a mistura de duas ou mais substâncias.

Nesse caso, água e areia, água e pó de gelatina, água e álcool, água e enxofre, água e hidróxido de magnésio e vinagre são alguns exemplos de dispersões. Porém, é importante que se note que são casos absolutamente distintos. Veja três desses exemplos:



Fig. 1 Exemplos de dispersão distintas.

No caso I, note que a areia está disseminada em água, mas não solubilizada. Depois da disseminação, as partículas de areia são muito grandes, visíveis a olho nu. É uma dispersão que pode ter seus componentes separados por métodos mecânicos simples, como filtração, decantação, sifonação e centrifugação. É uma mistura heterogênea, sem dúvida.

No caso II, é o pó de gelatina que está disseminado em água. A questão da solubilidade, nesse caso, é discutível, já que a mistura final apresenta um aspecto viscoso. Aparentemente, o sistema é homogêneo.

Todavia, com o auxílio de ultramicroscopia, observa-se nitidamente a gelatina envolvendo e sendo envolvida pela água. Graças a essa distinção, o sistema é, na realidade, heterogêneo, e a solubilidade do pó de gelatina em água é, portanto, parcial. Além disso, também é possível separarmos os componentes dessa dispersão. Isso é feito, porém, com muito mais dificuldade que no caso I. Em vez de um filtro comum, faz-se necessário um ultrafiltro; em vez de uma centrífuga comum, faz-se necessária uma ultracentrífuga e assim por diante.

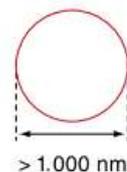
No caso III, o sal de cozinha não está apenas disseminado em água, mas também, dissolvido. Mesmo escolhendo microscópios extremamente poderosos, é impossível visualizar as partículas de sal na água. Sobre separar os componentes desta dispersão, isso é impossível de ser feito através de métodos mecânicos como filtração, centrifugação, decantação ou sifonação. É por esses motivos que esse tipo de dispersão é considerado um sistema homogêneo.

Até agora, como você já pôde perceber, analisamos três tipos de dispersões, com propriedades completamente diferentes entre si. E é devido a isso que cada uma delas receberá um nome especial. Veja:

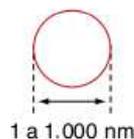
- água e areia: Suspensão
- água e pó de gelatina: Solução coloidal ou coloide
- água e sal: Solução verdadeira ou solução

Mas você deve estar se perguntando: o que define, para uma dada mistura, qual o tipo de dispersão? Na realidade, todas essas propriedades são definidas pelo tamanho das partículas que estão disseminadas. A partir disso, adotou-se o seguinte critério de classificação:

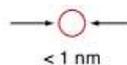
- **Suspensão:** partículas disseminadas com diâmetro maior que 1.000 nm.



- **Solução coloidal:** partículas disseminadas com diâmetro entre 1 e 1.000 nm.



- **Solução verdadeira ou solução:** partículas disseminadas com diâmetro menor que 1 nm.



ATENÇÃO!

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

A substância que está disseminada em uma dispersão é chamada de disperso. Nos casos anteriores, os dispersos são, respectivamente, areia, pó de gelatina e sal. A substância que dissemina a outra em uma dispersão é chamada de dispersante, que nos três casos anteriores é a água.

Aliás, em problemas de vestibular, são raros os casos em que o dispersante não é a água. Isso era de se esperar, já que a água é chamada de solvente universal e constitui um grande transportador de outras substâncias.

Reflitamos, agora, a respeito de tudo o que foi exposto:

- Ora, as suspensões e os sistemas coloidais são misturas heterogêneas e, portanto, apresentam descontinuidades. Isso torna o estudo desses sistemas extremamente mais complexo;
- Já as soluções verdadeiras (ou simplesmente soluções) são sistemas homogêneos e, portanto, contínuos. Isso torna o estudo desses sistemas bem mais simples e, ao mesmo tempo, importante.

Este capítulo se propõe a estudar as soluções verdadeiras que, a partir de agora, chamaremos simplesmente de soluções.

Soluções

Soluções são misturas homogêneas

Nesse caso, disperso e dispersante passam a ser denominados especialmente de soluto e solvente, respectivamente. Para efeito de notação (a ser usado posteriormente neste capítulo), sempre que nos referirmos ao soluto utilizaremos índice 1, sempre que nos referirmos ao **solvente**, índice 2, e à solução, não utilizaremos índice algum. Veja alguns exemplos:

m_1	→	massa do soluto
M_2	→	massa molar do solvente
V	→	volume da solução
n_2	→	número de mols do solvente
d	→	densidade da solução
X_1	→	fração molar do soluto

Agora que você já está familiarizado com essa importante notação, é preciso entender os diferentes tipos de soluções. Para tanto, é preciso classificá-las. Na verdade, existem vários critérios de classificação, como estado físico (soluções sólidas, líquidas ou gasosas), tipo de soluto (iônico ou molecular) etc. Porém, uma dessas classificações é de extrema importância e se refere à proporção entre soluto e solvente.

Para entendermos melhor essa classificação, faz-se necessário fornecer um dado importante, que não precisa ser memorizado, já que todos os vestibulares são obrigados a fornecê-lo:

- “100 g de água dissolvem, no máximo, 36,5 g de NaCl, à 25 °C.”
- “100 g de água dissolvem, no máximo, 40 g de NaCl, à 100 °C.”

Observação: A essa altura, duas observações são importantes:

1. A solubilidade de uma substância em um dado solvente depende da temperatura do sistema.
2. Água e sal de cozinha (bem como outros sistemas similares) não constituem sempre sistemas homogêneos. Existe um limite de soluto que se pode dissolver em uma dada quantidade de solvente. Se se adiciona soluto acima dessa quantidade limite, existirá uma solução e um precipitado não dissolvido, que é chamado de corpo de chão ou corpo de fundo. A solução que está acima do corpo de chão é chamada de solução sobrenadante.

Vamos à classificação:

1º caso:

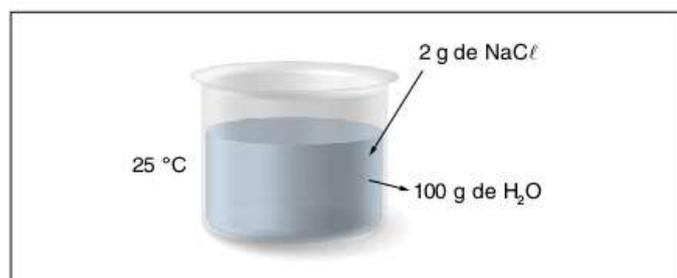


Fig. 2 Solução diluída de sal em água.

Pelas informações dadas, a 25 °C e para essa quantidade de solvente, é possível dissolver até 36,5 g de NaCl. Todavia, a quantidade que se quer dissolver é de apenas 2 g. Essa quantidade de soluto comparada à quantidade máxima é muito pequena. Com isso, o sistema será homogêneo e o soluto se dissolverá com grande facilidade. Essa solução é chamada de **diluída**.

2º caso:

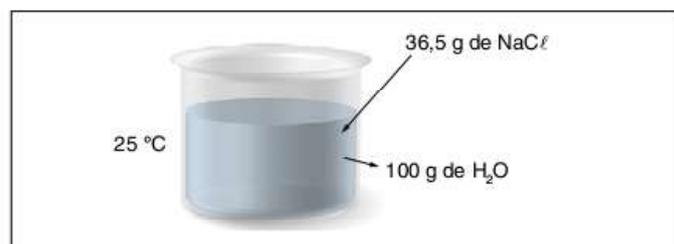


Fig. 3 Solução concentrada de sal em água.

Nessa temperatura e para essa quantidade de solvente, a quantidade máxima de NaCl que pode ser dissolvida continua sendo de 36,5 g. Como só se quer dissolver 30 g, o limite não foi atingido e o sistema também será homogêneo. Todavia, a quantidade de soluto dissolvido está bastante próxima do limite e a dissolução do sal levará mais tempo. Muitas pessoas acreditam que mexer o sistema com uma colher aumenta a solubilidade do soluto, mas isso não é verdade. É bom lembrar que o processo de dissolução é espontâneo e gradual. Mexer o sistema apenas irá acelerar esse processo, mas jamais o modificará. A verdade é que, se colocarmos açúcar no café, aquele se dissolverá espontaneamente, sem a necessidade da colher. Só se mexe o sistema para acelerar o processo e adoçar o café antes dele esfriar. Se houver excesso de açúcar, o ato de mexer irá espalhá-lo, mas não o solubilizará, já que o excesso retornará para o fundo. A solução deste 2º caso é chamada de **concentrada**.

3º caso:

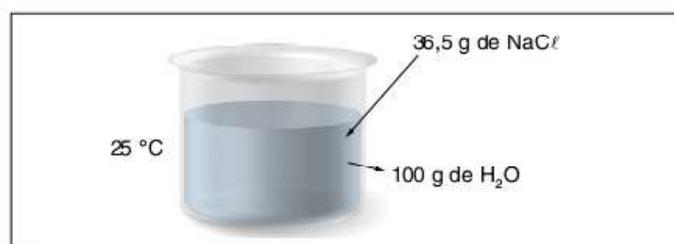


Fig. 4 Solução saturada de sal em água.

Esse caso é muito especial. Para essa temperatura e essa quantidade de solvente, a quantidade máxima de sal que se pode dissolver ainda é de 36,5 g de NaCl. A quantidade de sal adicionada ao sistema é justamente essa. Com isso, atinge-se o limite de solubilidade. Esse sistema não seria capaz de dissolver mais 0,1 g de NaCl. Em caso de adição, o excesso iria para o fundo do béquer e seria chamado de corpo de fundo. Quando se atinge o limite, a solução é chamada de **saturada**, ou diz-se que atingiu o ponto de saturação.

4º caso:

Nesse caso, a quantidade máxima de sal que se consegue solubilizar continua sendo de 36,5 g. Porém, com a adição de 40 g de sal, o limite de solubilidade foi ultrapassado, e nem todo o sal se dissolverá. Ao contrário do caso anterior, esse sistema será heterogêneo e terá o seguinte aspecto:



Fig. 5 Mistura heterogênea de sal em água.

É importante salientar o seguinte: a solução sobrenadante está dissolvendo a máxima quantidade de soluto possível. Portanto, ela é tão saturada quanto a solução do caso anterior. Porém, devido ao excesso, ela é chamada de solução **saturada com corpo de fundo**.

5º Caso:



Fig. 6 Solução precursora de uma solução supersaturada.

Até aqui, o caso é idêntico ao anterior. Todavia, iremos aquecer o sistema até a temperatura de 100 °C, com um *bico de Bunsen*. Durante o aquecimento, a solubilidade do sal vai aumentando gradativamente, e o corpo de fundo vai desaparecendo lentamente. Isso ocorre porque, aquecendo-se o sistema, o sal que estava em excesso vai se solubilizando espontaneamente. Como a temperatura chegará a 100 °C, o corpo de fundo desaparecerá por completo. A solução que era saturada com corpo de fundo passa a ser apenas saturada. Após o aquecimento, deixa-se o sistema resfriar em completo repouso até a temperatura de 25 °C. Com isso, a solubilidade do sal volta a ser de 36,5 g. Porém, os 3,5 g de sal em excesso não precipitarão. Como essa solução está dissolvendo uma quantidade de sal acima do limite, ela é chamada de solução **supersaturada**.

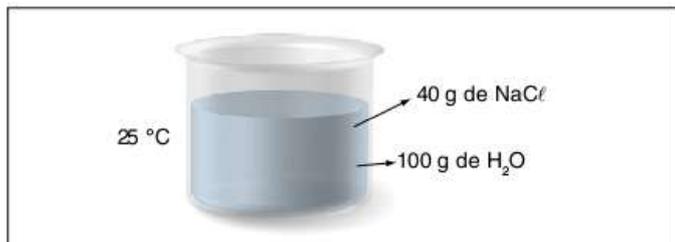


Fig. 7 Solução supersaturada.

Contudo, esse tipo de solução é extremamente instável, já que, agitando-a, todo o sal em excesso se tornará corpo de fundo, instantaneamente. Uma outra maneira de transformar uma solução supersaturada em saturada com corpo de fundo é

adicionar cristais do sal a essa solução. Esse procedimento perturba o sistema e o sal em excesso também precipitará. Nesse caso, estes cristais são chamados de gérmen de cristalização. Como se pode perceber, cedo ou tarde uma solução supersaturada se transformará em saturada com corpo de fundo.

Em princípio, pode-se imaginar que este último caso não passa de um estudo teórico, sem ocorrências cotidianas. Alguns exemplos podem ilustrar a inveracidade desse pensamento. Veja:

- Nos dias de verão, é bastante comum vermos aviões deixando rastros de nuvem no céu. Algumas pessoas acreditam ser resultado da queima de combustível. Contudo, o ar atmosférico é uma grande solução, em que o soluto é o vapor-d'água e o solvente é o ar. Ao longo destes dias quentes, o vapor-d'água se acumula no ar, até praticamente saturá-lo. Com o cair da tarde, a temperatura diminui sensivelmente, tomando o ar supersaturado de água. Quando o avião passa por ele, perturba-o, tornando-o uma solução saturada com corpo de fundo. Portanto, saiba que aviões que deixam rastros são decorrências do ar estar supersaturado.
- Um outro efeito do caso anterior é quando um vento forte perturba esse ar supersaturado. Nesse caso, todo o excesso de água irá precipitar quase que instantaneamente, ocasionando uma chuva rápida e torrencial, chamada de chuva de verão.
- Muitas pessoas, ao fazer certos doces, precisam fazer caldas de açúcar com um pouco de água. Aquece-se o sistema até que ele atinja o “ponto de fio”, que é quando a calda não cai em gotas, mas escorre em um fio único. Deixa-se resfriar o sistema. Todavia, nunca se deve mexer esse preparado bruscamente, já que ele é uma solução supersaturada. As quituteiras sabem que mexê-lo pode “açucarar” o doce, o que, quimicamente, significa transformá-lo em solução saturada com corpo de fundo.

Na realidade, toda essa classificação gira em torno do ponto de saturação da solução, conforme esquema a seguir.



Fig. 8 Classificação quanto à quantidade de soluto.

Coefficiente de solubilidade (C_s) e curvas de solubilidade

No item anterior, vimos que cada substância tem um ponto de saturação para uma dada quantidade de solvente e a uma dada temperatura.

O ponto de saturação de uma dada substância para 100 g de solvente é chamado de coeficiente de solubilidade, e pode ser representado por C_s ou K_s . Portanto, “coeficiente de solubilidade é a quantidade de soluto que satura 100 g de solvente a uma dada temperatura”.

Matematicamente, sabemos que C_s varia com a temperatura:

$$C_s = f(t)$$

Os problemas de C_s resolvem-se por regras de três. Veja os dois exemplos a seguir.

Exercícios resolvidos

1 Quatro tubos contêm 20 mL de água cada um. Coloca-se nesses tubos dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) nas seguintes quantidades:

	Tubo A	Tubo B	Tubo C	Tubo D
Massa de $K_2Cr_2O_7$ (g)	1,0	3,0	5,0	7,0

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

Resolução:

A solubilidade do sal é dada por 12,5 g de $K_2Cr_2O_7$ /100mL H_2O , na temperatura de 20 °C. Mas a quantidade de solvente em cada um dos tubos é de apenas 20 mL. Portanto, a quantidade máxima desse sal que se dissolve em cada um dos quatro tubos é dada pela seguinte regra de três:

$$12,5 \text{ g } K_2Cr_2O_7 \rightarrow 100 \text{ mL } H_2O$$

$$x \quad \leftarrow 20 \text{ mL } H_2O$$

$$x = 2,5 \text{ g } K_2Cr_2O_7$$

Isso significa que o ponto de saturação nos tubos A, B, C e D é de 2,5 g do sal. Adicionar uma quantidade de soluto superior a esta significa obter uma solução saturada com corpo de fundo, como quer o enunciado. Os tubos que apresentam uma quantidade de soluto superior a esta são B, C e D.

2 A 30 °C a solubilidade do nitrato de prata em água é de 3.000 g por quilograma de água. Adiciona-se, a 30 °C, 2.000 g desse sal a 500 g de água, agita-se vigorosamente e depois filtra-se. Qual a massa da solução saturada obtida?

Resolução:

A solubilidade é de:
3.000 g $AgNO_3$ /1.000 g H_2O .
Contudo, o sistema só apresentará 500g H_2O . Com isso, solubilizar-se-á uma quantidade de $AgNO_3$ dada pela seguinte regra de três:

$$3.000 \text{ g } AgNO_3 : 1.000 \text{ g } H_2O \Rightarrow x = 1.500 \text{ g de } AgNO_3$$

$$x : 500 \text{ g } H_2O$$

Todo o excesso não solubilizado ficará retido no filtro, e o que passar por ele constituirá a solução saturada. Como se adicionou 2.000 g desse sal e 1.500 g do mesmo irão se solubilizar, 500 g ficarão retidos no filtro. A massa total da solução obtida é dada por:

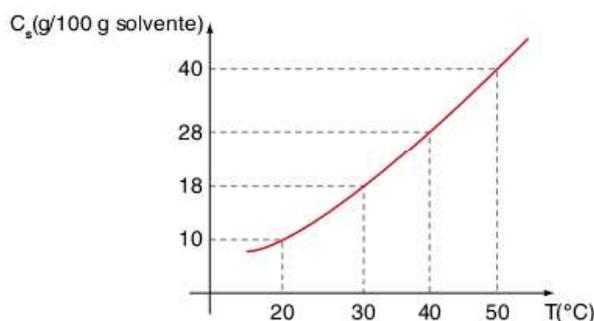
$$m = m_1 + m_2 \Rightarrow m = 1.500 + 500$$

$$m = 2.000 \text{ g}$$

Pensemos, agora, no seguinte problema prático: existem mais de 5 milhões de substâncias catalogadas, entre orgânicas e inorgânicas. Cada uma apresenta um leque de coeficientes de solubilidade a cada faixa de temperatura (que pode compreender o intervalo de 0 °C a 100 °C, de grau em grau). Um livro do tipo *handbook* com esses coeficientes de solubilidade teria certamente mais de 100.000 páginas, o que torna o seu manuseio impossível. A solução para esse problema foi plotar em gráficos os valores dos coeficientes de solubilidade em função da temperatura. As curvas obtidas para cada soluto são chamadas de curvas de solubilidade. Matematicamente, são curvas do tipo $C_s \times T$.

Vamos analisar suas particularidades passo a passo:

I. Seja uma curva de solubilidade de uma dada substância x, como mostrado a seguir:

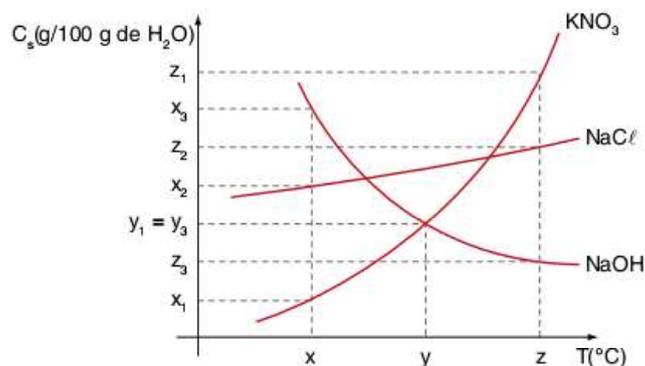


Do gráfico, podemos extrair observações importantes:

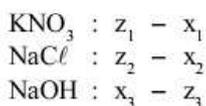
- A 20 °C, $(C_s)_x = 10$ g/100 g de solvente, ou seja, nesta temperatura, a quantidade máxima de x que pode ser dissolvida por 100 g de solvente é de 10 g.
- A 30 °C, $(C_s)_x = 18$ g/100 g de solvente.
- A 40 °C, $(C_s)_x = 28$ g/100 g de solvente.
- A 50 °C, $(C_s)_x = 40$ g/100 g de solvente.

Pode-se perceber que os coeficientes de solubilidade de substâncias podem ser extraídos das curvas de solubilidade, em uma faixa de temperatura.

II. Tomando outras curvas de solubilidade, como a do KNO_3 , $NaCl$ e $NaOH$ em água, podemos fazer outras afirmações. Veja as curvas:



Observe que, dentre as substâncias, a mais sensível à variação de temperatura quanto à solubilidade é o KNO_3 . Para uma variação de temperatura ($z - x$), as variações de solubilidade das substâncias são:



Como $(z_1 - x_1) > (x_3 - z_3) > (z_2 - x_2)$, a maior variação de solubilidade é a do KNO_3 , enquanto a menor é a do NaCl . Portanto, o NaCl é o menos sensível à variação de temperatura. Com isso, podemos concluir que quanto mais próxima da vertical for a curva de solubilidade, mais sensível é a substância à variação de temperatura.

Outra pergunta frequente é: qual das três substâncias é a mais solúvel em água? Depende da temperatura. Na temperatura x , o maior C_s é o do NaOH , que neste caso é a substância mais solúvel. Na temperatura y , a mais solúvel é o NaCl e na temperatura z , é o KNO_3 .

Note ainda que tanto o KNO_3 quanto o NaCl têm suas solubilidades aumentadas com o aumento de temperatura. Todavia, o NaOH é tanto mais solúvel quanto mais baixa for a temperatura. Isso ocorre porque, nos processos de dissolução, há troca de calor com o meio externo. As dissoluções podem liberar ou absorver calor e são chamadas, respectivamente, de dissolução exotérmica e endotérmica. Para aumentar a solubilidade do KNO_3 e do NaCl , basta aquecê-los, ou seja, fornecer-lhes calor. Logo, a dissolução desses sais absorve calor e é, portanto, endotérmica. No caso do NaOH , é preciso retirar calor do mesmo para aumentar a sua solubilidade. Logo, a sua dissolução libera calor e é, portanto, exotérmica.

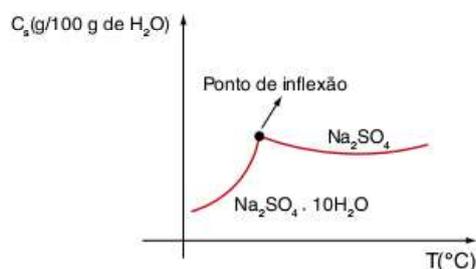
ATENÇÃO!

Esquemáticamente:

Se $C_s \times T$ for crescente \Rightarrow dissolução endotérmica.

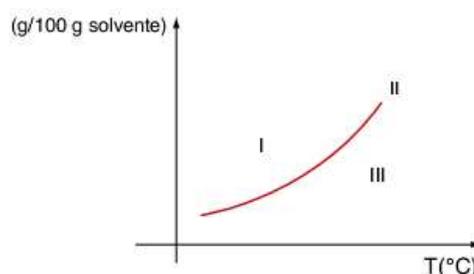
Se $C_s \times T$ for decrescente \Rightarrow dissolução exotérmica.

Ainda há um caso especial a ser analisado. Veja as seguintes curvas de solubilidade:



O que parece uma única curva na realidade são duas distintas: uma para o $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ e a outra para o Na_2SO_4 . A união das duas é contínua, mas há um ponto em que o gráfico sofre um desvio brusco. Esse ponto é chamado de ponto de inflexão. Abaixo da temperatura típica do ponto de inflexão, a forma mais estável do sal é a hidratada. Em temperaturas maiores que essa, é a desidratada. O ponto de inflexão, quimicamente, representa a desidratação (em caso de aquecimento) ou hidratação (em caso de resfriamento) de um sal.

Resumindo:



Regiões típicas em curvas de solubilidade.

- **Região I** – há mais soluto dissolvido que a quantidade máxima. Nesse caso, a região I é de soluções instáveis e supersaturadas.
- **Curva II** – pontos onde a solução é saturada, podendo ou não ter corpo de fundo.
- **Região III** – há menos soluto dissolvido que a quantidade máxima. Nesse caso, as soluções são insaturadas (podendo ser diluídas ou concentradas).

Agora, analise as curvas de solubilidade reais mostradas no gráfico a seguir. Procure rever aqui os aspectos já estudados sobre essas curvas.

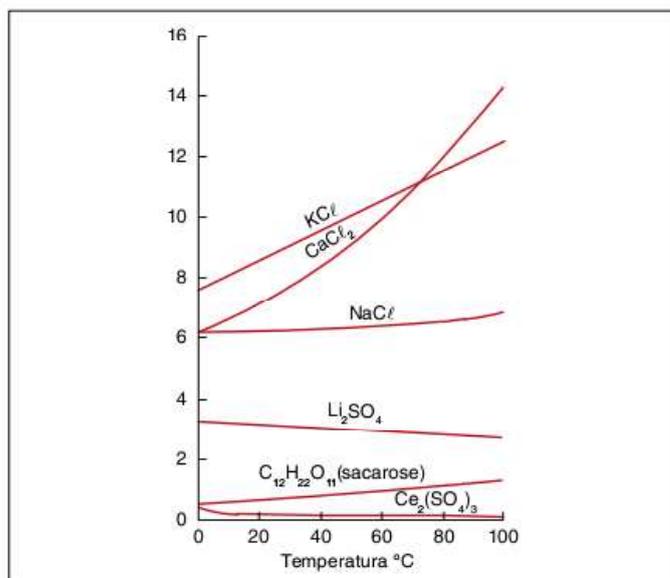


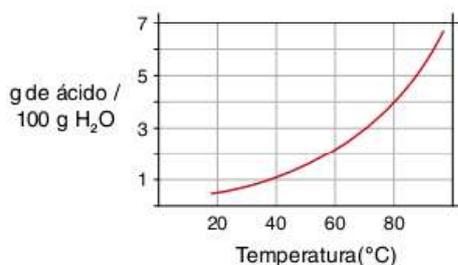
Fig. 9 Mudança de solubilidade com a temperatura.

Os exercícios que envolvem curvas de solubilidade também são resolvidos por regra de três. Veja os dois exemplos a seguir.

Exercícios resolvidos

3 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.

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



Duas amostras de ácido benzoico, de 25,0 g cada, foram recristalizadas em água segundo esse procedimento, a seguir:

- Calcule a quantidade de água necessária para a dissolução de cada amostra.
- 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).

Resolução:

- As amostras 1 e 2 têm ambas 25 g de ácido benzoico. Mas a primeira amostra é dissolvida à 90°C. Da curva de solubilidade, temos:

(90 °C) $C_s = 5 \text{ g de ácido}/100 \text{ g de H}_2\text{O}$. Porém, queremos dissolver 25 g de ácido e a quantidade de água para tal é dada pela seguinte regra de três:

5 g de ácido: 100 g de H_2O

25 g de ácido: x_1

$x_1 = 500 \text{ g de H}_2\text{O}$ para a amostra 1.

Para a amostra 2, a temperatura de dissolução é de 60 °C e o coeficiente de solubilidade a essa temperatura é:

(60 °C): $C_s = 2,5 \text{ g de ácido} / 100 \text{ g de H}_2\text{O}$. Como temos 25 g de ácido, a massa de água necessária é dada por:

2,5 de ácido: 100 g de H_2O

25 g de ácido: x_2

$x_2 = 1.000 \text{ g de H}_2\text{O}$ para a amostra 2.

- Para a amostra 1, a temperatura de recristalização é de 20 °C, onde $C_s = 0,5 \text{ g de ácido}/100 \text{ g de H}_2\text{O}$. Como a amostra 1 contém 500 g de água, a quantidade de ácido solubilizada é dada por:

0,5 g de ácido: 100 g de H_2O

y_1 : 500 g de H_2O

$y_1 = 2,5 \text{ g de ácido dissolvido}$

Logo, a quantidade de sal recristalizado é dada por:

$z_1 = 25 - y_1 \Rightarrow z_1 = 22,5 \text{ g de ácido recristalizado}$.

Para a amostra 2, a temperatura de recristalização é de 30°C, onde $C_s = 0,8 \text{ g de ácido} / 100 \text{ g de H}_2\text{O}$. Como a amostra 2 contém 1.000 g de H_2O , a quantidade de ácido solubilizada é dada por:

0,8 g de ácido: 100 g H_2O

y_2 : 1000 g H_2O

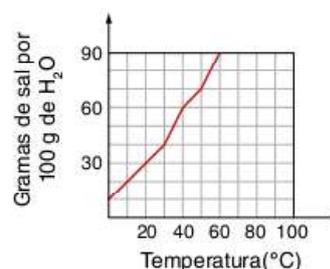
$y_2 = 8 \text{ g de ácido dissolvido}$

Logo, a quantidade de sal recristalizado é dada por:

$z_2 = 25 - y_2 \Rightarrow z_2 = 17 \text{ g de ácido recristalizado}$.

Portanto, obtém-se mais sal recristalizado na amostra 1.

- A curva de solubilidade de um sal hipotético está representada abaixo.



A quantidade de água necessária para dissolver 30 g do sal a 35 °C é, em gramas:

Resolução:

A 35 °C, $C_s = 50 \text{ g de sal}/100 \text{ g de H}_2\text{O}$. Como temos 30 g de sal, a quantidade de água necessária é dada por:

50 g de sal: 100 g de H_2O

30 g de sal: x

$x = 60 \text{ g de H}_2\text{O}$

Tipos de concentração de soluções

Até aqui, sempre mencionamos às palavras concentrada ou diluída para nos referirmos à proporção entre soluto e solvente de uma dada solução. Entretanto, se solicitarmos a 100 pessoas que façam uma solução diluída de sal de cozinha em água, a probabilidade de aparecerem duas iguais é mínima (ou quase nula). Isso porque as palavras concentrada e diluída são termos muito vagos, que apenas dão uma noção e nada mais. Mas se solicitarmos a essas mesmas 100 pessoas que façam uma solução de 10 g de NaCl para cada litro de água, todas as soluções serão idênticas. Como química é, na realidade, uma ciência exata, os números são fundamentais na medida da concentração de substâncias. Para exemplificar melhor, tomemos o caso de um medicamento genérico x. Se definirmos que cada cápsula conterá uma pitada do componente ativo, cada comprimido do vidro irá agir de uma maneira diferente, podendo não fazer efeito algum ou até mesmo matar o paciente por overdose.

É por essas razões que os químicos definem diversos tipos de concentrações de solução. Algumas são largamente usadas (como molaridade) e outras, nem tanto. Aqui, estudaremos os seguintes tipos:

- Concentração comum (C)
- Concentração molar ou molaridade (M)
- Porcentagem em massa (ou volume) ou título (τ)
- Frações molares do soluto e do solvente (X_1 e X_2)
- Molalidade (M_l ou W)

Concentração comum

Concentração comum é a quantidade de soluto, em gramas, para cada litro de solução.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$C = \frac{m_1}{V_{(L)}}$$

Como se vê, a unidade de concentração comum é g/L.

ATENÇÃO!

Geralmente, o enunciado dos problemas envolvendo concentração comum traz o volume em mL, que você obrigatoriamente deve converter para litro.

Aqui, é importante discutirmos duas importantes observações a respeito de concentração comum que valem para todas as outras unidades de medida de concentração.

- I. Seja uma solução cuja massa do soluto é m_1 e seu volume em litros é V , como mostra o desenho a seguir.



A concentração comum dessa solução é dada por:

$$C = \frac{m_1}{V_{(L)}}$$

Se dividirmos essa solução em 2 partes iguais, cada uma delas conterá um volume $\frac{V}{2}$. Como a solução é uma mistura homogênea (e portanto o soluto se distribui uniformemente pelo solvente), cada metade do volume V terá dissolvido a metade da massa m_1 . Portanto, teremos a seguinte situação:



A concentração comum de cada uma dessas soluções é dada por:

$$C = \frac{\frac{m_1}{2}}{\frac{V}{2}} = \frac{m_1}{V}$$

Como se pode perceber, a concentração comum das partes de uma solução é a própria concentração da solução. Mas será que só vale para quando uma solução é dividida pela metade? Não, vale para qualquer parte de uma solução. Se separarmos a n ésima parte da mesma, seu volume será $\frac{V}{n}$ e a sua massa de soluto $\frac{m_1}{n}$.

Portanto:

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

Logo, a concentração de qualquer parte extraída de uma solução é a própria concentração da solução, seja essa concentração comum, molaridade, título, frações molares e molalidade.

- II. Muitas pessoas confundem o volume da solução com o volume do solvente. Apesar de serem aproximadamente iguais em alguns casos, não podemos ignorar essa pequena diferença. A verdade é que para termos 1 L de solução não devemos colocar, na sua preparação, 1 L de solvente. Isso ocorre porque o soluto, mesmo dissolvido, aumenta ligeiramente o valor do volume da solução.

A pergunta neste momento deve ser: Qual a quantidade (em volume) de solvente que deve ser adicionada ao soluto para que o volume da solução seja de 1 L?

Na teoria é impossível precisar, mas certamente esse volume deve ser de um pouco menos de 1 L (o soluto completará o que falta perfazer o volume total da solução). Na prática, entretanto, o procedimento é bastante simples: coloca-se a quantidade de solução que se quer em um balão volumétrico com a marcação de 1 L. Adiciona-se solvente suficiente para dissolver todo o soluto e, finalmente, completa-se com mais solvente, até que o volume da solução atinja a marca indicada.

Podemos precisar melhor esse fato: suponha que se quer preparar uma solução de 70 g/L. Inicialmente, colocamos os 70 gramas do soluto em um balão volumétrico. Adiciona-se água e agita-se o balão até a dissolução completa do soluto. Como último passo, adiciona-se água até que o volume total da solução seja de 1 L. Se adicionarmos 1 L de solvente puro ao soluto, a solução resultante terá um pouco mais de 1 L e, portanto, a sua concentração comum será um pouco menor do que 70 g/L.

Concentração molar ou molaridade

Concentração molar ou molaridade é a quantidade de soluto, em mols, para cada litro de solução.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$\mathfrak{M} = \frac{n_1}{V_{(L)}}$$

$$\text{Como } n_1 = \frac{m_1}{M_1} \text{ temos: } \mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}}$$

A unidade de concentração molar é mol/L. Porém, ainda pode aparecer a palavra molar, cujo símbolo é M. Todavia, utiliza-se atualmente, com preferência, mol/L.

As observações feitas para concentração comum, também são válidas para concentração molar.

Título ou porcentagem em massa

Título é a quantidade de soluto, em gramas, para cada grama de solução.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$\tau = \frac{m_1}{m}$$

$$\text{Como } m = m_1 + m_2, \text{ temos: } \tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$$

Como podemos perceber, a unidade do numerador é grama, bem como a do denominador. Portanto:

$$\tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \rightarrow \frac{g}{g}$$

Título é uma grandeza adimensional, como o coeficiente de atrito, da mecânica.

Além disso, note que $(m_1 + m_2) > m_1$, ou seja, o numerador é sempre menor que o denominador. Quando isso ocorre, a fração é menor que 1. Logo:

$$0 < \tau < 1$$

Os valores de título podem ser expressos em porcentagem (partes por cem). Veja alguns exemplos:

$$\tau = 0,18 \text{ ou } 18\% \quad \tau = 0,38 \text{ ou } 38\%$$

$$\tau = 0,20 \text{ ou } 20\% \quad \tau = 0,32 \text{ ou } 32\%$$

ATENÇÃO!

Quando for utilizar o título em problemas numéricos, jamais utilize em porcentagem. Apenas utilize-o como número adimensional.

Porém, algumas concentrações podem ser expressas em números bem pequenos, mesmo em porcentagem. Para contornar esse problema, ao invés de usarmos partes por cem (porcentagem), usamos partes por bilhão, cujo símbolo é ppb. Veja como manuscá-lo.

$$\tau = 26 \cdot 10^{-8} \text{ ou } 2,6 \text{ ppb}$$

$$\tau = 8,3 \cdot 10^{-7} \text{ ou } 0,083 \text{ ppb}$$

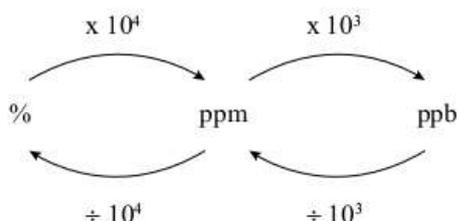
$$\tau = 240 \cdot 10^{-10} \text{ ou } 24 \text{ ppb}$$

Ainda podemos ter partes por milhão, cujo símbolo é ppm e matematicamente vale 10^{-6} . Veja:

$$\tau = 0,080 \cdot 10^{-4} \text{ ou } 8 \cdot 10^{-6} \text{ (8 ppm)}$$

$$\tau = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ ou } 0,24 \text{ ppm}$$

Agora, parece óbvio que podemos transformar as várias formas de expressar título:



ATENÇÃO!

Lembre-se de que ppb = 10^{-9} , assim como % = 10^{-2} .

Frações molares

Fração molar do soluto (X_1) é a quantidade de soluto, expressa em mols, para cada mol de solução.

Fração molar do solvente (X_2) é a quantidade de solvente, expressa em mols, para cada mol de solução.

Essas definições podem ser expressas matematicamente por:

$$X_1 = \frac{n_1}{n} \quad X_2 = \frac{n_2}{n}$$

Em ambas as expressões, tanto X_1 como X_2 têm como unidades mol/mol, e portanto são números adimensionais, como título.

Além disso, temos:

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1}, \quad n_2 = \frac{m_2}{M_2} \quad \text{e} \quad n_1 + n_2 = n$$

Com isso:

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \quad \text{e} \quad X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

Como, em ambos os casos, o numerador é menor que o denominador, então, X_1 e X_2 são números menores que 1. Além disso, calculado X_1 ou X_2 , não é preciso muito trabalho para calcular a outra fração molar, já que $X_1 + X_2 = 1$. Podemos provar esse resultado matematicamente. Veja:

$$X_1 + X_2 = \frac{n_1}{n} + \frac{n_2}{n} = \frac{n_1 + n_2}{n} = \frac{n}{n} = 1 \quad \text{c.q.d.}$$

Molalidade

Molalidade é a quantidade de soluto, em mols, para cada quilograma de solvente.

Essa definição pode ser expressa matematicamente por:

$$W = \frac{n_1}{m_2(\text{kg})}$$

A unidade de molalidade é dada por mol/kg. Porém, mol/kg recebe o nome de molal, sem abreviatura.

Contudo, os problemas de vestibular costumam dar a massa do solvente em gramas. Para evitar complicações, podemos dizer que:

$$m_{2(\text{kg})} = \frac{m_{2(\text{g})}}{1.000}$$

Como $n_1 = \frac{m_1}{M_1}$, temos que:

$$W = \frac{\frac{m_1}{M_1}}{\frac{m_2}{1.000}} \Rightarrow W = \frac{1.000 m_1}{M_1 m_2}, \text{ onde todas as massas}$$

são dadas em gramas.

Relação entre as unidades

As cinco unidades de medida de concentração relacionam-se entre si. Veja as relações:

$$C = \frac{m_1}{V_{(L)}} \quad (I)$$

$$\mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}} \Rightarrow \frac{m_1}{V_{(L)}} = \mathfrak{M} \cdot M_1 \quad (II)$$

Substituindo I em II, temos:

$$C = \mathfrak{M} \cdot M_1$$

$$C = \frac{m_1}{V_{(L)}} = \frac{m_1}{m} \cdot \frac{m}{V_{(L)}}$$

$$\text{Contudo, } V_{(mL)} = V_{(L)} \cdot 1.000$$

Portanto, sabendo-se que:

$$\frac{m_1}{m} = \tau, \quad \frac{m}{V_{(mL)}} \cdot 1.000 = d_{(g/L)} \text{ e como}$$

$$\frac{m}{V_{(mL)}} = d_{(g/mL)}, \text{ temos } C = 1.000 d_{(g/mL)} \tau$$

$$W = \frac{1.000 m_1}{M_1 m_2} \quad (I)$$

$$\mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}} \Rightarrow \frac{m_1}{M_1} = \mathfrak{M} \cdot V_{(L)}$$

$$\Rightarrow \frac{m_1}{M_1} = \frac{\mathfrak{M} \cdot V_{(mL)}}{1.000} \quad (II)$$

$$d_{(g/mL)} = \frac{m}{V_{(mL)}} \Rightarrow V_{(mL)} = \frac{m}{d_{(g/mL)}} \quad (III)$$

De (III) em (II), temos:

$$\frac{m_1}{M_1} = \frac{\mathfrak{M}}{1.000} \cdot \frac{m}{d} \quad (IV)$$

De (IV) em (I), temos:

$$W = \frac{1.000}{m_2} \cdot \frac{\mathfrak{M}}{1.000} \cdot \frac{m}{d} \quad (V)$$

Mas $\frac{m_1}{m} + \frac{m_2}{m} = 1$. Como $\frac{m_1}{m} = \tau$, temos

$$\tau + \frac{m_2}{m} = 1 \Rightarrow \frac{m_2}{m} = 1 - \tau \Rightarrow \frac{m}{m_2} = \frac{1}{1 - \tau} \quad (VI)$$

De (VI) em (V), temos:

$$W = \frac{\mathfrak{M}}{d_{(g/mL)}} \cdot \frac{1}{(1 - \tau)}$$

Resumindo, segundo a seguinte tabela, as unidades de concentração, temos:

Nome	Símbolo	Fórmula	Unidade
Concentração comum	C	$C = \frac{m_1}{V_{(L)}}$	g/L
Molaridade	\mathfrak{M}	$\mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}}$	mol/L
Título em massa	τ_m	$\tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$	Adimensional
Título em volume	τ_v	$\tau_v = \frac{v_1}{v_1 + v_2}$	Adimensional
Fração molar do soluto	X_1	$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$	Adimensional
Fração molar do solvente	X_2	$X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$	Adimensional
Molalidade	W	$W = \frac{1000 m_1}{M_1 m_2}$	molal

Tab. 1 Unidades de medida de concentração.

$$C = \mathfrak{M} M_1 = 1.000 d \tau \quad \text{e} \quad W = \frac{\mathfrak{M}}{d} \cdot \frac{1}{(1 - \tau)}$$

Agora, a nossa tarefa é aprender a manusear essas unidades, através dos seguintes exercícios:

Exercícios resolvidos

5 Qual a concentração comum de uma solução de 300 mL com 60 g de soluto?

Resolução:

$$C = ?$$

$$m_1 = 60 \text{ g}$$

$$V = 300 \text{ mL} = 0,3 \text{ L}$$

$$C = \frac{m_1}{V_{(L)}} \Rightarrow C = \frac{60 \text{ g}}{0,3 \text{ L}} = 200 \text{ g/L}$$

Não se esqueça de que o volume deve ser transformado em litros.

6 Seja uma solução aquosa de Na_2SO_4 com 500 mL e massa de soluto de 71 g. Pede-se:

- Qual a molaridade em relação ao Na_2SO_4 ?
- Qual a molaridade em relação aos seus íons?
(Na = 23; S = 32; O = 16)

Resolução:

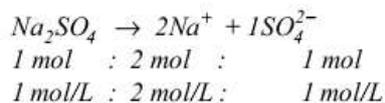
$$a) \quad m_1 = 71 \text{ g}$$

$$M_1 = 142 \text{ g/mol}$$

$$V = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$$

$$\mathfrak{M} = \frac{m_1}{M_1 V_{(L)}} \Rightarrow \mathfrak{M} = \frac{71}{142 \cdot 0,5} = 1 \text{ mol/L}$$

b) Quando perguntam a respeito da molaridade dos íons de um eletrólito, deve-se fazer a sua dissociação (ou ionização). A partir da equação obtida, a proporção dos coeficientes estequiométricos é a mesma das molaridades das espécies químicas envolvidas, de acordo com o cálculo estequiométrico. Veja:

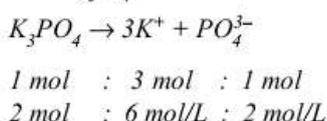


Portanto,

$$\mathfrak{M}_{\text{Na}^+} = 2 \text{ mol/L} \text{ e } \mathfrak{M}_{\text{SO}_4^{2-}} = 1 \text{ mol/L}$$

Observe outros casos semelhantes, mostrados a seguir:

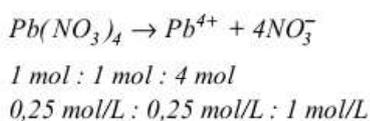
• Se $\mathfrak{M}_{\text{K}_3\text{PO}_4} = 2 \text{ mol/L}$, temos:



Logo:

$$\mathfrak{M}_{\text{K}^+} = 6 \text{ mol/L} \text{ e } \mathfrak{M}_{\text{PO}_4^{3-}} = 2 \text{ mol/L}$$

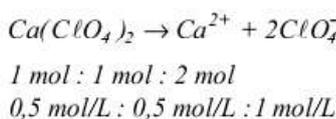
• Se $\mathfrak{M}_{\text{Pb}(\text{NO}_3)_4} = 0,25 \text{ mol/L}$, temos:



Portanto:

$$\mathfrak{M}_{\text{Pb}^{4+}} = 0,25 \text{ mol/L} \text{ e } \mathfrak{M}_{\text{NO}_3^-} = 1 \text{ mol/L}$$

• Se $\mathfrak{M}_{\text{Ca}(\text{ClO}_4)_2} = 0,5 \text{ mol/L}$, então:



Logo:

$$\mathfrak{M}_{\text{Ca}^{2+}} = 0,5 \text{ mol/L} \text{ e } \mathfrak{M}_{\text{ClO}_4^-} = 1 \text{ mol/L}$$

7 Uma solução a 30% em massa possui 60 g de soluto. Qual a massa de solvente?

Resolução:

$$\tau = 30\% = 0,30$$

$$m_1 = 60 \text{ g}$$

$$m_2 = ?$$

$$\tau = \frac{m_1}{m} \Rightarrow 0,30 = \frac{60}{m} \Rightarrow m = 200 \text{ g}$$

$$\text{Como } m = m_1 + m_2 \Rightarrow 200 = 60 + m_2$$

$$m_2 = 140 \text{ g}$$

8 Calcule as frações molares do soluto e do solvente de uma solução com 90 g de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ em 180 g de H_2O . (C = 12; H = 1; O = 16)

Resolução:

$$\left. \begin{array}{l} m_1 = 90 \text{ g} \\ M_1 = 180 \text{ g/mol} \end{array} \right\} n_1 = \frac{m_1}{M_1} \Rightarrow n_1 = \frac{90}{180} \Rightarrow n_1 = 0,5 \text{ mol}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_2 = 180 \text{ g} \\ M_2 = 18 \text{ g/mol} \end{array} \right\} n_2 = \frac{m_2}{M_2} \Rightarrow n_2 = \frac{180}{18} \Rightarrow n_2 = 10 \text{ mol}$$

$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \Rightarrow X_1 = \frac{0,5}{0,5 + 10} \Rightarrow X_1 = 0,048$$

$$X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \Rightarrow X_2 = \frac{10}{0,5 + 10} \Rightarrow X_2 = 0,952$$

Observe que $X_1 + X_2 = 1$

9 Qual a molalidade de uma solução aquosa com 50 g de CaCO_3 em 500 g de H_2O ?

Dados: Ca = 40; C = 12; O = 16

Resolução:

$$m_1 = 50 \text{ g}$$

$$M_1 = 100 \text{ g/mol}$$

$$m_2 = 500 \text{ g}$$

$$W = \frac{1.000 m_1}{M_1 m_2} \Rightarrow W = \frac{1.000 \cdot 50}{100 \cdot 500} \Rightarrow W = 1 \text{ molal}$$

10 Seja uma solução aquosa de NaCl 117 g/L, com densidade de $1,10 \text{ g/cm}^3$. Peça-se:

(Na = 23; Cl = 35,5)

a) Qual a sua molaridade?

b) Qual o seu título em massa?

c) Qual as suas frações molares?

d) Qual a sua molalidade?

Resolução:

$$a) C = \mathfrak{M} \cdot M_1 \Rightarrow 117 = \mathfrak{M} \cdot 58,5 \Rightarrow \mathfrak{M} = 2 \text{ mol/L}$$

$$b) C = 1.000 d\tau \Rightarrow 117 = 1.000 \cdot 1,10 \cdot \tau \Rightarrow \tau \approx 0,106 \text{ ou } 10,6\%$$

$$c) \tau = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \Rightarrow 0,106 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \Rightarrow$$

$$0,106 m_1 + 0,106 m_2 = m_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,894 m_1 = 0,106 m_2 \Rightarrow m_2 = 8,43 m_1$$

$$\text{Mas } X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \Rightarrow X_1 = \frac{\frac{m_1}{M_1}}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}} \Rightarrow$$

$$X_1 = \frac{\frac{m_1}{58,5}}{\frac{m_1}{58,5} + \frac{8,43 m_1}{18}} \Rightarrow X_1 = \frac{0,0171}{0,0171 + 0,467}$$

$$X_1 = \frac{0,0171}{0,484} \Rightarrow X_1 = 0,035$$

$$\text{Como } X_1 + X_2 = 1 \Rightarrow X_2 = 1 - 0,035 \\ X_2 = 0,965$$

$$d) W = \frac{\mathfrak{M}}{d} \cdot \frac{1}{(1-\tau)} \Rightarrow W = \frac{2}{1,10} \cdot \frac{1}{(1-0,106)} \Rightarrow \\ W = 2,03 \text{ molal}$$

ATENÇÃO!

É importante salientar que, para qualquer solução, basta que se saiba a sua densidade e outra unidade qualquer de concentração, para que se possa calcular todas as restantes, como mostra o exemplo anterior.

11 Calcule a molalidade de uma solução aquosa 0,1 mol/L de NaOH, com densidade de 1,05 g/cm³. (Na = 23; O = 16; H = 1)

Resolução:

Sabemos que $W = \frac{\mathfrak{M}}{d} \cdot \frac{1}{(1-\tau)}$. Só nos falta o título da solução

que pode ser calculado por $\mathfrak{M}M_1 = 1.000 \cdot d \cdot \tau$. Substituindo, temos:

$$0,1 \cdot 40 = 1000 \cdot 1,05 \cdot \tau \Rightarrow \tau \approx 0,0039.$$

Com isso:

$$W = \frac{0,1}{1,05} \cdot \frac{1}{(1-0,0039)} \Rightarrow W = \frac{0,1}{1,05 \cdot 0,9961}$$

$$\Rightarrow W = 0,0956 \text{ molal}$$

Observação: Note que, neste caso, $W \sim \mathfrak{M}$ e isso ocorre sempre que a concentração da solução é baixa. Fazendo uma análise mais apurada, quando a concentração é baixa, $\tau \approx 0$, $d \approx 1$ (em solução aquosa). Portanto:

$$W = \frac{\mathfrak{M}}{\approx 1} \cdot \frac{1}{(1 \approx 0)} \Rightarrow W \approx \mathfrak{M}$$

Agora, faremos uma análise de três procedimentos importantes envolvendo soluções: a diluição, a mistura e a titulação de soluções.

Diluição de soluções

Diluir é acrescentar solvente. Toda vez em que se realiza esse procedimento, a concentração (qualquer que seja ela) diminui, já que a massa do solvente e o volume da solução aumentam. Toda a solução do problema reside no fato de que a quantidade de soluto permanece constante durante esse procedimento, tanto em gramas quanto em mols. Para modelarmos matematicamente o problema, analise o esquema a seguir:



Fig. 10 Modelo de uma diluição de soluções.

Primeiramente, vamos seguir a intuição:

- A solução mais concentrada é a que possui maior molaridade ($\mathfrak{M} > \mathfrak{M}'$)
- A solução diluída possui o maior volume ($V' > V$)

Como a quantidade de soluto se mantém constante, temos:

$$n_1 = n_1' \text{ Mas } \begin{cases} \mathfrak{M} = \frac{n_1}{V_{(L)}} \Rightarrow n_1 = \mathfrak{M}V_{(L)} \\ \mathfrak{M}' = \frac{n_1'}{V'_{(L)}} \Rightarrow n_1' = \mathfrak{M}'V'_{(L)} \end{cases}$$

Então: $\mathfrak{M}V_{(L)} = \mathfrak{M}'V'_{(L)}$. Note que, nesse caso, nada impede que você escolha outra unidade qualquer para o volume, pois as mesmas irão se cancelar.

Exercícios resolvidos

12 Deduza as fórmulas de diluição de soluções para C, τ e W.

Resolução:

Como $n_1 = n_1'$ e $m_1 = m_1'$, temos:

$$\begin{cases} C = \frac{m_1}{V} \Rightarrow m_1 = CV \\ C' = \frac{m_1'}{V'} \Rightarrow m_1' = C'V' \end{cases} \Rightarrow CV = C'V'$$

$$\begin{cases} \tau = \frac{m_1}{m} \Rightarrow m_1 = \tau m \\ \tau' = \frac{m_1'}{m'} \Rightarrow m_1' = \tau' m' \end{cases} \Rightarrow \tau m = \tau' m'$$

$$\begin{cases} W = \frac{1.000 n_1}{m_2} \Rightarrow n_1 = \frac{Wm_2}{1000} \\ W' = \frac{1.000 n_1'}{m_2} \Rightarrow n_1' = \frac{W'm_2}{1.000} \end{cases} \Rightarrow Wm_2 = W'm_2$$

13 Quer-se preparar uma solução aquosa de NaOH 0,4 mol/L, com um volume exato de 0,2 L. Qual o volume de uma solução do mesmo tipo se deve tomar, se esta apresenta uma concentração comum de 40 g/L?

Dados: Na = 23; O = 16; H = 1.

Resolução:

Solução concentrada $\begin{cases} C = 40 \text{ g/L} \\ V = ? \end{cases}$

Solução diluída $\begin{cases} M = 0,4 \text{ mol/L} \\ V' = 0,2 \text{ L} \end{cases}$

$C = M \cdot V_1 \Rightarrow 40 = M \cdot 40 \Rightarrow M = 1 \text{ mol/L}$

Usando a fórmula da diluição, temos:

$M \cdot V = M' \cdot V' \Rightarrow 1 \cdot V = 0,4 \cdot 0,2 \Rightarrow V = 0,08 \text{ L ou } 80 \text{ mL}$

14 Suponha que, em determinada condição ambiente, uma solução perca, por evaporação, 4 g do solvente (água, por exemplo) por hora. Originalmente, sua molaridade era de 1 mol/L e seu volume de 1 L. Quanto tempo levará para que a sua molaridade seja 2 mol/L?

($d_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/mL}$)

Resolução:

Apesar do problema ser justamente o inverso da diluição, ou seja, esteja-se retirando solvente, a quantidade de soluto permanece constante. Em virtude disso, as fórmulas deduzidas para diluição de soluções também são válidas para problemas com evaporação do solvente, e isso vale sempre. Portanto:

$M \cdot V = M' \cdot V' \Rightarrow 2 \cdot V = 1 \cdot 1 \Rightarrow V = 0,5 \text{ L}$

Logo, o volume perdido na evaporação é 0,5 L. Como a densidade da água é de 1 g/cm³, a massa de água perdida é de 500 g. Portanto:

$$\begin{matrix} 4 \text{ g} & \rightarrow & 1 \text{ h} \\ 500 \text{ g} & \rightarrow & x \end{matrix} \quad x = 125 \text{ h}$$

Misturas de soluções

Trataremos, aqui, de misturas de soluções de mesmo soluto, e que, portanto, não reagem entre si, já que nesse último caso o assunto será tratado no próximo item (titulação). O problema pode ser modelado matematicamente da seguinte forma:

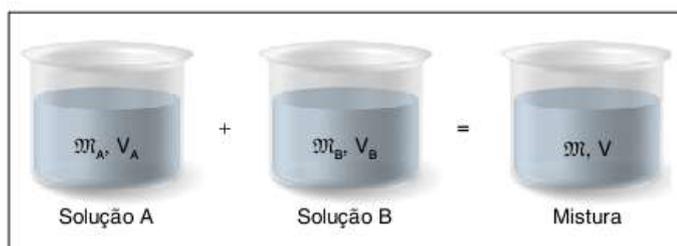


Fig. 11 Modelo de uma mistura de soluções.

Não é difícil perceber que $n_1 = (n_1)_A + (n_1)_B$ e que $V = V_A + V_B$. Ainda:

$$\left. \begin{aligned} M_A &= \frac{(n_1)_A}{V_A} \Rightarrow (n_1)_A = M_A \cdot V_A \\ M_B &= \frac{(n_1)_B}{V_B} \Rightarrow (n_1)_B = M_B \cdot V_B \\ M &= \frac{(n_1)}{V} \Rightarrow (n_1) = M \cdot (V_A + V_B) \end{aligned} \right\}$$

$M(V_A + V_B) = M_A V_A + M_B V_B$

$\Rightarrow M = \frac{M_A V_A + M_B V_B}{V_A + V_B}$

É importante salientar que a molaridade da solução final (M) é uma média ponderada entre as molaridades das soluções que foram misturadas (M_A, M_B). Portanto, supondo $M_A < M_B$, tem-se sempre $M_A < M < M_B$.

Esse resultado é extremamente importante para identificar possíveis erros na resolução de problemas, já que qualquer resultado que não obedeça a condição acima está errado.

Agora, devemos dizer que o resultado encontrado para molaridade é o mesmo para concentração comum, visto que:

$$C = \frac{C_A V_A + C_B V_B}{V_A + V_B}$$

Tente provar! A dica é:

$m_1 = (m_1)_A + (m_1)_B$

Há ainda um problema interessante a ser tratado, que é frequentemente explorado em vestibulares: depois de misturarem duas soluções, ocorre uma diluição. Para quem imagina estar lidando com um problema de dois passos, está enganado, já que com uma única relação matemática pode-se resolver o problema. Se tratarmos a água como uma terceira solução (que obviamente tem molaridade zero), temos:

$$M = \frac{M_A V_A + M_B V_B + M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_A + V_B + V_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Como $M_{\text{H}_2\text{O}} = 0 \Rightarrow M = \frac{M_A V_A + M_B V_B}{V_A + V_B + V_{\text{H}_2\text{O}}}$

Exercícios resolvidos

15 Misturam-se duas soluções aquosas de HCl, uma com 2 L e molaridade 0,2 mol/L e a outra de 4 L e molaridade 4 mol/L. Qual a molaridade da solução final?

Resolução:

$M_A = 0,2 \text{ mol/L} \quad M_B = 4 \text{ mol/L}$

$V_A = 2 \text{ L} \quad V_B = 4 \text{ L}$

$$M = \frac{M_A V_A + M_B V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow M = \frac{0,2 \cdot 2 + 4 \cdot 4}{6}$$

$$M = \frac{16,4}{6} \Rightarrow M = 2,73 \text{ mol/L}$$

16 Idem ao anterior, acrescido de uma diluição de solução até o volume total de 10 L.

Resolução:

Se o volume total era de 6 L e agora é de 10 L, o volume de água acrescido na diluição é de 4 L. Portanto:

$$\mathfrak{M} = \frac{\mathfrak{M}_A V_A + \mathfrak{M}_B V_B}{V_A + V_B + V_{H_2O}} \Rightarrow \mathfrak{M} = \frac{0,2 \cdot 2 + 4 \cdot 4}{2 + 4 + 4}$$

$$\Rightarrow \mathfrak{M} = 1,64 \text{ mol/L}$$

17 Uma solução 2 mol/L de HCl, com volume de 1 L, é misturada a uma solução 1 mol/L de NaCl, com um volume de 0,5 L. Pede-se:

- Qual a molaridade da solução final com relação aos íons H⁺?
- E com relação aos íons Na⁺?
- E para os íons Cl⁻?

Resolução:

$$n_{HCl} = \mathfrak{M}_{HCl} \cdot V_{HCl} \Rightarrow n_{HCl} = 2 \cdot 1 \Rightarrow n_{HCl} = 2 \text{ mol}$$

$$n_{NaCl} = \mathfrak{M}_{NaCl} \cdot V_{NaCl} \Rightarrow n_{NaCl} = 1 \cdot 0,5$$

$$\Rightarrow n_{NaCl} = 0,5 \text{ mol}$$

Portanto:

$$\mathfrak{M}_{H^+} = \frac{n_{H^+}}{V} \Rightarrow \mathfrak{M}_{H^+} = \frac{2}{1,5} = 1,33 \text{ mol/L}$$

$$\mathfrak{M}_{Na^+} = \frac{n_{Na^+}}{V} \Rightarrow \mathfrak{M}_{Na^+} = \frac{0,5}{1,5} = 0,33 \text{ mol/L}$$

$$\mathfrak{M}_{Cl^-} = \frac{n_{Cl^-}}{V} \Rightarrow \mathfrak{M}_{Cl^-} = \frac{2,5}{1,5} = 1,66 \text{ mol/L}$$

Note que, com relação aos íons H⁺ e Na⁺, o problema é de diluição. Veja:

$$\bullet \quad \mathfrak{M}_{H^+} \cdot V_{H^+} = \mathfrak{M}'_{H^+} \cdot V'_{H^+}$$

$$\Rightarrow 2 \cdot 1 = \mathfrak{M}'_{H^+} \cdot 1,5 \Rightarrow \mathfrak{M}'_{H^+} = 1,33 \text{ mol/L}$$

$$\bullet \quad \mathfrak{M}_{Na^+} \cdot V_{Na^+} = \mathfrak{M}'_{Na^+} \cdot V'_{Na^+}$$

$$\Rightarrow 1 \cdot 0,5 = \mathfrak{M}'_{Na^+} \cdot 1,5 \Rightarrow \mathfrak{M}'_{Na^+} = 0,33 \text{ mol/L}$$

Mas com relação ao íon Cl⁻, que é comum a ambas as soluções, o problema é de mistura de soluções. Observe:

$$\mathfrak{M} = \frac{\mathfrak{M}_A V_A + \mathfrak{M}_B V_B}{V_A + V_B} \Rightarrow \mathfrak{M}_{Cl^-} = \frac{2 \cdot 1 + 1 \cdot 0,5}{1 + 0,5} = \frac{2,5}{1,5}$$

$$\Rightarrow \mathfrak{M}_{Cl^-} = 1,66 \text{ mol/L}$$

Agora, analisaremos misturas de soluções que reagem entre si: é a titulação.

Titulação

A titulação é um dos métodos ou procedimentos experimentais mais realizados no mundo atualmente. Seu principal objetivo é determinar, com precisão, a concentração de uma solução desconhecida. Na prática, isso serve para que órgãos fiscalizadores comparem as concentrações reais de certos produtos com aquelas indicadas no rótulo, e com a titulação, isso

se torna possível e viável, no sentido de que o procedimento é rápido, seguro, confiável e, principalmente, barato. Para realizá-lo, é necessária a seguinte aparelhagem:

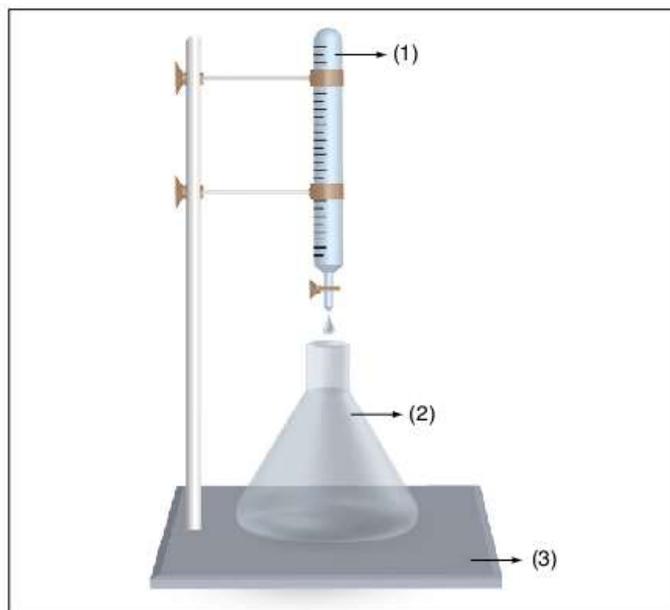


Fig. 12 Montagem experimental típica de uma titulação.

- Bureta**, uma espécie de pipeta com torneira, que controla a saída do líquido que está lá dentro, gota a gota. Com isso, é possível saber o volume que foi utilizado na titulação, através da leitura na bureta. Aqui é alocada uma solução previamente conhecida (chamada de titulante), que reagirá com a solução do erlenmeyer.
- Erlenmeyer**, que é um frasco de vidro com boca pequena, para que não caia o líquido nele contido, visto que o frasco será constantemente agitado. Aqui será alocada a solução desconhecida, com um indicador.
- Suporte com haste**, para sustentar a bureta e proporcionar uma boa posição para que o líquido da bureta caia no erlenmeyer.

O problema pode ser modelado matematicamente da seguinte forma:

$$\begin{array}{l} \text{Solução} \\ \text{desconhecida} \\ \text{(Erlenmeyer)} \end{array} \left[\begin{array}{l} \mathfrak{M}_D = ? \\ V_D = (\text{o laboratorista é que o escolhe, portanto} \\ \text{o volume } V_D \text{ é conhecido}) \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \text{Solução} \\ \text{conhecida ou} \\ \text{titulante (Bureta)} \end{array} \left[\begin{array}{l} \mathfrak{M}_C = (\text{predeterminado}) \\ V_C = (\text{lido na bureta}) \end{array} \right.$$

Supondo que a solução desconhecida tenha como soluto a substância A e a solução conhecida tenha como soluto a substância B, é preciso equacionar a reação que ocorre entre A e B:

$aA + bB \rightarrow \text{produtos}$, em que a e b são os coeficientes de A e B, respectivamente.

Com isso: a mols A : b mols B

$$\text{mas } n_A = \mathfrak{M}_A V_A \text{ e } n_B = \mathfrak{M}_B V_B$$

Portanto:

$$\text{a mols A : b mols B} \Rightarrow \boxed{b\mathfrak{M}_A V_A = a\mathfrak{M}_B V_B}$$

fórmula da titulação

ATENÇÃO!

Essa relação não é válida para outras unidades de medida de concentração.

O problema maior reside em saber quando a reação é completa, ou seja, quando não haverá excesso de A ou de B. A solução para o problema está no indicador que será adicionado ao erlenmeyer. No capítulo 4 desta mesma frente, analisamos os indicadores ácido-base, que não são os únicos.

Mas todos funcionam da mesma forma: quando há excesso de um dos reagentes, a coloração do indicador apresenta cores características previamente conhecidas. Com a adição, gota a gota, do titulante à solução desconhecida, no exato momento em que a reação se completar, o indicador adquire uma coloração intermediária em relação aos extremos. Neste momento, fecha-se a torneira da bureta e faz-se a leitura da mesma.

A verdade é que nem todo indicador é adequado para uma titulação, principalmente os indicadores ácido-base. Isso porque alguns apresentam seus pontos de viragem antes ou depois da neutralização total, com pH bem diferente de sete. São exemplos deste caso o alaranjado de metila e o azul de bromotimol. Por isso, titulações entre ácidos e bases têm como indicador preferencial a fenolftaleína.

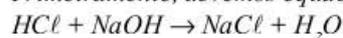
Expostos esses detalhes, analisemos os dois exemplos a seguir:

Exercícios resolvidos

18 Uma solução de HCl foi titulada com uma solução de NaOH 1 mol/L. Em um erlenmeyer, foi colocado o volume de 10 mL da primeira solução, e o volume utilizado de titulante foi de 20 mL. Qual a molaridade do ácido?

Resolução:

Primeiramente, devemos equacionar a reação:

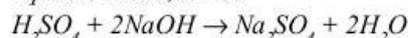


$$\mathfrak{M}_A V_A = \mathfrak{M}_B V_B \Rightarrow \mathfrak{M}_A \cdot 10 = 1 \cdot 20 \Rightarrow \mathfrak{M}_A = 2 \text{ mol/L}$$

19 Idem ao anterior, mas para o ácido H₂SO₄.

Resolução:

Equacionando, temos:



$$2\mathfrak{M}_A V_A = \mathfrak{M}_B V_B \Rightarrow 2 \cdot \mathfrak{M}_A \cdot 10 = 1 \cdot 20$$

$$\mathfrak{M}_A = 1 \text{ mol/L}$$

Revisando

1 Uerj 2006 (Adapt.) Uma suspensão de células animais em um meio isotônico adequado apresenta volume igual a 1 L e concentração total de íons sódio igual a 3,68 g/L. A esse sistema foram acrescentados 3 L de água destilada.

Após o processo de diluição, qual será a concentração total de íons sódio, em milimol/L?

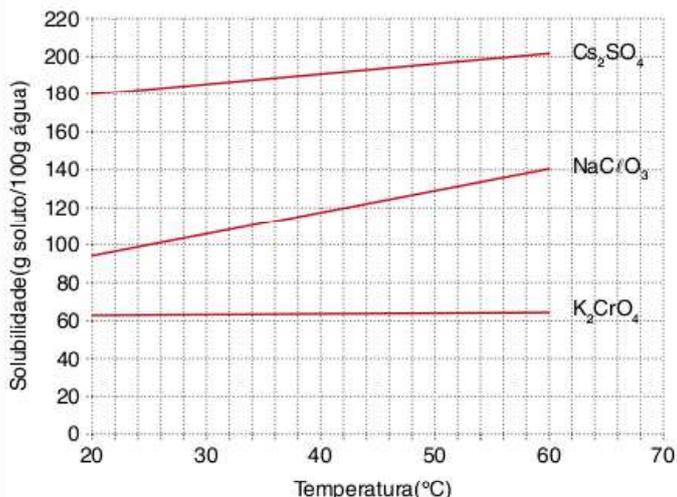
2 Fatec 2006 (Adapt.) Quando se dissolve um comprimido efervescente contendo 1 g de vitamina C em um copo de água, obtêm-se cerca de 200 mL de uma solução aquosa. Nessa solução, qual a concentração em mol L⁻¹ de vitamina C?

Dado: Massa molar da vitamina C = 1,8 · 10² g mol⁻¹.

3 Uerj 2007 (Adapt.) Para evitar a proliferação do mosquito causador da dengue, recomenda-se colocar, nos pratos das plantas, uma pequena quantidade de água sanitária de uso doméstico. Esse produto consiste em uma solução aquosa diluída de hipoclorito de sódio, cuja concentração adequada, para essa finalidade, é igual a 0,1 mol/L.

Para o preparo de 500 mL da solução a ser colocada nos pratos, qual é a massa necessária (aproximadamente), em gramas, de hipoclorito de sódio?

4 PUC-Rio 2008 (Adapt.) Observe o gráfico a seguir.



Qual será a quantidade de clorato de sódio, em grama, capaz de atingir a saturação em 500 g de água na temperatura de 60 °C?

5 UFRRJ 2006 Soluções aquosas de hidróxido de sódio (NaOH) podem ser utilizadas como titulantes na determinação da concentração de soluções ácidas. Qual seria o volume de solução de NaOH 0,1 mol/L gasto na neutralização de 25 mL de uma solução aquosa de um ácido monoprótico fraco (HA) com concentração 0,08 mol/L?

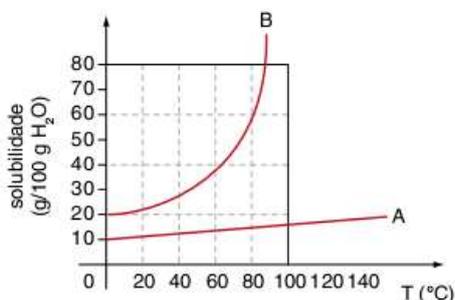
6 PUC-Rio 2008 (Adapt.) É possível conhecer a concentração de uma espécie iônica em solução aquosa, a partir do conhecimento da concentração de soluto e se o soluto dissolvido dissocia-se ou ioniza-se por completo.

Uma solução de sulfato de sódio, Na₂SO₄ possui concentração em quantidade de matéria igual 0,3 mol L⁻¹. Nessa solução, qual será a concentração, em quantidade de matéria, da espécie Na⁺?

Exercícios propostos

Classificação de soluções e curvas de solubilidade

1 UFRJ Observe o gráfico a seguir e responda às questões que se seguem.



- Qual a menor quantidade de água necessária para dissolver completamente, a 60 °C, 120 g de B?
- Qual a massa de A necessária para preparar, a 0 °C, com 100 g de água, uma solução saturada (I) e outra solução insaturada (II)?

2 UFBA A tabela a seguir fornece os valores de solubilidade do cloreto de sódio e do hidróxido de sódio, em água, a diferentes temperaturas.

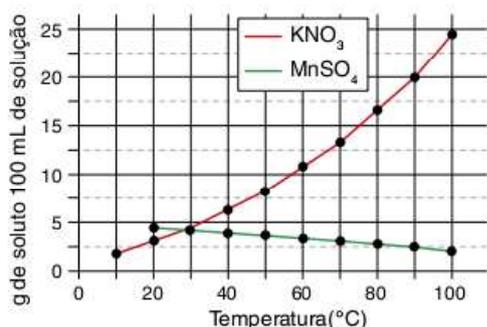
Soluto	Solubilidade (g do soluto/100 g de água)			
	0 °C	20 °C	50 °C	100 °C
NaCl _(s)	35,7	36,0	37,0	39,8
NaOH _(s)	42,0	109,0	145,0	347,0

As informações anteriores e os conhecimentos sobre soluções permitem concluir:

- Soluções são misturas homogêneas.
- Solução saturada é um mistura heterogênea.
- O hidróxido de sódio é mais solúvel em água que o cloreto de sódio.
- Soluções concentradas são soluções saturadas.
- Quando se separa o soluto do solvente, obtêm-se substâncias diferentes daquelas que foram inicialmente misturadas.
- Adicionando-se 145 g de hidróxido de sódio a 100 g de água, a 20 °C, obtêm-se um sistema bifásico, que, após aquecido a temperaturas acima de 50 °C, apresenta-se monofásico.

Soma =

3 Vunesp O gráfico a seguir mostra as curvas de solubilidade em água, em função da temperatura, dos sais KNO_3 e MnSO_4

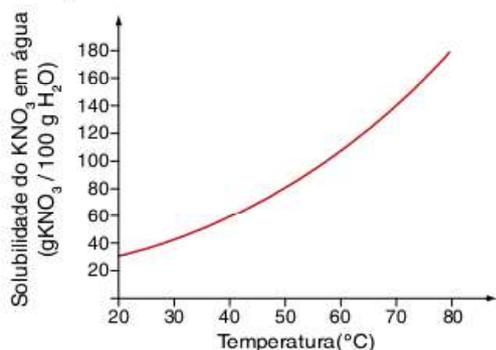


Com base nesse gráfico, discuta se as afirmações a e b são verdadeiras ou falsas.

- O processo de dissolução dos dois sais é endotérmico.
- 100 mL de solução saturada a 56°C contêm aproximadamente 10 g de KNO_3 .

4 Unicamp Uma solução saturada de nitrato de potássio (KNO_3) constituída, além do sal, por 100 g de água, está à temperatura de 70°C . Essa solução é resfriada a 40°C , ocorrendo precipitação de parte do sal dissolvido.

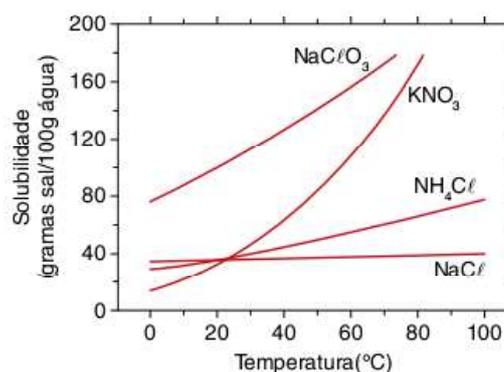
A seguir, o gráfico da solubilidade do nitrato de potássio em função da temperatura.



Calcule:

- a massa do sal que precipitou.
- a massa do sal que permaneceu em solução.

5 ITA 2006 Considere um calorímetro adiabático e isotérmico, em que a temperatura é mantida rigorosamente constante e igual a 40°C . No interior desse calorímetro, é posicionado um frasco de reação cujas paredes permitem a completa e imediata troca de calor. O frasco de reação contém 100 g de água pura a 40°C . Realizam-se cinco experimentos, adicionando uma massa m_1 de um sal X ao frasco de reação. Após o estabelecimento do equilíbrio termodinâmico, adiciona-se ao mesmo frasco uma massa m_2 de um sal Y e mede-se a variação de entalpia de dissolução (ΔH). Utilizando essas informações e as curvas de solubilidade apresentadas na figura, excluindo quaisquer condições de metaestabilidade, assinale a opção que apresenta a correlação correta entre as condições em que cada experimento foi realizado e o respectivo ΔH .

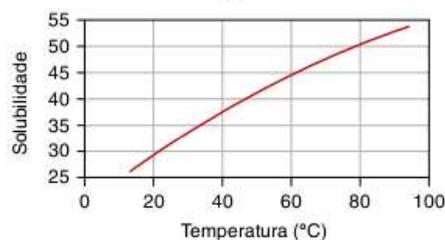


- Experimento 1: X = KNO_3 ; $m_1 = 60$ g; Y = KNO_3 ; $m_2 = 60$ g; $\Delta H > 0$.
- Experimento 2: X = NaClO_3 ; $m_1 = 40$ g; Y = NaClO_3 ; $m_2 = 40$ g; $\Delta H > 0$.
- Experimento 3: X = NaCl ; $m_1 = 10$ g; Y = NaCl ; $m_2 = 10$ g; $\Delta H < 0$.
- Experimento 4: X = KNO_3 ; $m_1 = 60$ g; Y = NaClO_3 ; $m_2 = 60$ g; $\Delta H = 0$.
- Experimento 5: X = KNO_3 ; $m_1 = 60$ g; Y = NH_4Cl ; $m_2 = 60$ g; $\Delta H < 0$.

6 UFRJ Os frascos a seguir contêm soluções saturadas de cloreto de potássio (KCl) em duas temperaturas diferentes. Na elaboração das soluções foram adicionados, em cada frasco, 400 mL de água e 200 g de KCl .



O diagrama representa a solubilidade do KCl em água, em gramas de soluto/100 mL de H_2O , em diferentes temperaturas.



- Determine a temperatura da solução do frasco I.
- Sabendo que a temperatura do frasco II é de 20°C , calcule a quantidade de sal (KCl) depositado no fundo do frasco.

7 Unicamp Nas salinas, o cloreto de sódio é obtido pela evaporação da água do mar a 30°C , aproximadamente.

- Um volume de água do mar é evaporado até o aparecimento de NaCl sólido. Qual é a concentração de NaCl na solução resultante? Justifique a resposta.
- Qual o volume de água do mar que deve ser evaporado completamente para a produção de 1,00 kg de NaCl sólido?

Atenção: nem todos os dados fornecidos a seguir serão utilizados para resolver os itens anteriores.

Dados:

- massa molar da água = 18,0 g/mol; massa molar do NaCl = 58,4 g/mol; solubilidade do NaCl em água, a 30 °C, igual a 6,16 mol/L, que corresponde a 360 g/L; concentração do NaCl na água do mar igual a 0,43 mol/L, que corresponde a 25 g/L; densidade da água do mar a 30 °C igual a 1,03 g/cm³; densidade da água pura a 30 °C igual a 0,9956 g/cm³;

8 UEL A 10 °C a solubilidade do nitrato de potássio é de 20,0 g/100 g H₂O. Uma solução contendo 18,0 g de nitrato de potássio em 50,0 g de água a 25 °C é resfriada a 10 °C.

Quantos gramas do sal permanecem dissolvidos na água?

- (a) 1,00
- (b) 5,00
- (c) 9,00
- (d) 10,0
- (e) 18,0

9 PUC-Rio A tabela a seguir mostra a solubilidade de vários sais, à temperatura ambiente, em g/100 mL:

AgNO ₃	(nitrato de prata):	260
Al ₂ (SO ₄) ₃	(sulfato de alumínio):	160
NaCl	(cloreto de sódio):	36
KNO ₃	(nitrato de potássio):	52
KBr	(brometo de potássio):	64

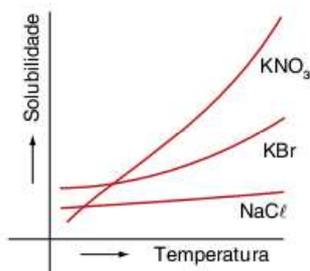
Se 25 mL de uma solução saturada de um desses sais foram completamente evaporados, e o resíduo sólido pesou 13 g, o sal é:

- (a) AgNO₃
- (b) Al₂(SO₄)₃
- (c) NaCl
- (d) KNO₃
- (e) KBr

10 Fuvest O processo de recristalização, usado na purificação de sólidos, consiste no seguinte:

- 1° Dissolve-se o sólido em água quente, até a saturação.
- 2° Resfria-se a solução até que o sólido se cristalice.

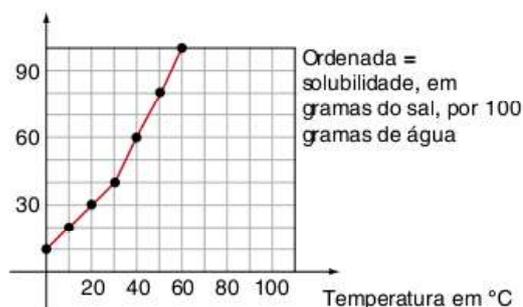
Os gráficos a seguir mostram a variação, com a temperatura, da solubilidade de alguns compostos em água.



O método de purificação descrito é mais eficiente e menos eficiente, respectivamente, para:

- (a) NaCl e KNO₃
- (b) KBr e NaCl
- (c) KNO₃ e KBr
- (d) NaCl e KBr
- (e) KNO₃ e NaCl

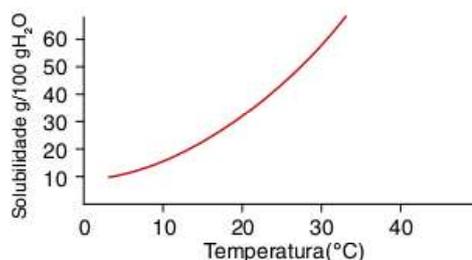
11 Cesgranrio A curva de solubilidade de um sal hipotético é:



A quantidade de água necessária para dissolver 30 gramas do sal a 35 °C será, em gramas:

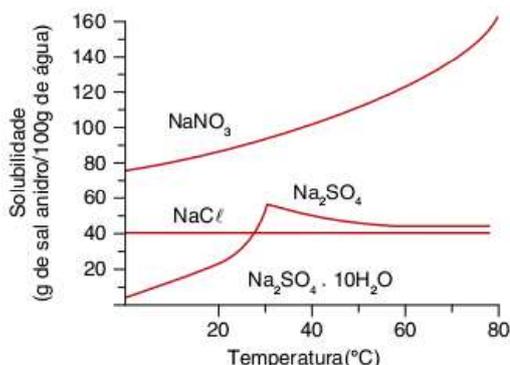
- (a) 45
- (b) 60
- (c) 75
- (d) 90
- (e) 105

12 Cesgranrio A curva de solubilidade de um dado sal é apresentada a seguir. Considerando a solubilidade desse sal a 30 °C, qual seria a quantidade máxima (aproximada) de soluto cristalizada quando a temperatura da solução saturada (e em agitação) fosse diminuída para 20 °C?



- (a) 5 g
- (b) 10 g
- (c) 15 g
- (d) 20 g
- (e) 30 g

13 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 de hidratação de espécie *i* em água.



>> Dica da questão 10: O processo é tanto mais eficiente quanto mais a solubilidade do sal for sensível à variação de temperatura. Dica da questão 13: O ΔH_{hid} se refere ao processo $X + H_2O \rightarrow X \cdot H_2O$. O ΔH_{dis} é diretamente proporcional à variação de solubilidade com a temperatura.

Em relação à dissolução de um mol de sal em água, a 25 °C, é errado afirmar que:

- (a) hidratação de íons ocorre com liberação de calor.
- (b) $\Delta H_{\text{hid}} \text{Na}_2\text{SO}_4 > \Delta H_{\text{hid}} \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- (c) $\Delta H_{\text{dis}} \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} > \text{zero}$ enquanto $\Delta H_{\text{dis}} \text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{zero}$
- (d) $\Delta H_{\text{dis}} \text{Na}_2\text{SO}_4 > \Delta H_{\text{dis}} \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
- (e) $\Delta H_{\text{dis}} \text{Na}_2\text{SO}_4 > \Delta H_{\text{dis}} \text{NaCl}$

Tipos de concentração de soluções

14 UFRJ As regiões mais favoráveis para a obtenção de cloreto de sódio a partir da água do mar são as que apresentam grande intensidade de insolação e ventos permanentes. Por esse motivo, a Região dos Lagos do Estado do Rio de Janeiro é uma grande produtora de sal de cozinha.

Dados: Na = 23 u; Cl = 35,5 u; O = 16 u; H = 1 u.

- a) Considerando que a concentração de NaCl na água do mar é 0,5 M, determine quantos quilogramas de NaCl, no máximo, podem ser obtidos a partir de 6.000 L de água do mar.
- b) Além de sua utilização como sal de cozinha, o cloreto de sódio é também empregado como matéria-prima para a produção, por eletrólise, de hidróxido de sódio e gás cloro, segundo a reação:



Determine, em quilogramas, a massa de gás cloro produzida a partir de 11,7 kg de cloreto de sódio.

15 UnB Para se averiguar a quantidade de nitrogênio absorvida por certo tipo de planta, foi necessária a preparação de uma solução aquosa de amônia (NH₃), de concentração igual a 0,050 mol/L. De acordo com a IUPAC, o volume ocupado por um mol de um gás ideal, sob condições normais de temperatura e pressão (CNTP), é de 22,710 L. Considere o gás NH₃ como sendo ideal, sob CNTP, e calcule, em litros, o volume do gás amônia necessário para preparar 6 L da solução. Multiplique o valor calculado por 10 e desconsidere a parte fracionária do resultado, caso exista.

16 Unicamp O “soro caseiro” recomendado para evitar a desidratação infantil consiste em uma solução aquosa de cloreto de sódio (3,5 g/L) e de sacarose (11,0 g/L).

Qual é a concentração, em mol/L, do cloreto de sódio nesta solução?

Dados: Massas atômicas relativas Na = 23,0 e Cl = 35,5.

17 Unicamp Num refrigerante do tipo “cola”, a análise química determinou uma concentração de íons fosfato (PO₄)³⁻ igual a 0,15 g/L. Qual a concentração de fosfato, em mol por litro, neste refrigerante?

Dados: P = 31; O = 16.

18 Unicamp Sabendo-se que em 100 mililitros (mL) de leite integral há cerca de 120 miligramas (mg) de cálcio, calcule a concentração de cálcio no leite em mol por litro (mol/L).

19 Unioeste Calcular a massa de cloreto de bário, BaCl₂, necessária para preparar 500mL de solução de concentração 0,5 mol/L.

Dados: Massas molares: Ba = 137 g/mol e Cl = 35,5 g/mol.

20 Vunesp O limite máximo de concentração de íon Hg²⁺ admitido para seres humanos é de 6 miligramas por litro de sangue. O limite máximo, expresso em mols de Hg²⁺ por litro de sangue, é igual a:

Dados: Massa molar de Hg = 200 g/mol.

- (a) 3. 10⁻⁵
- (b) 6. 10⁻³
- (c) 3. 10⁻²
- (d) 6
- (e) 200

21 UnB O rótulo de uma garrafa de água mineral indica a seguinte composição química provável, em mg/L:

bicarbonato de bário	0,04
bicarbonato de estrôncio	0,01
bicarbonato de cálcio	4,04
bicarbonato de magnésio	2,16
bicarbonato de potássio	13,88
óxido de alumínio	0,13
óxido de silício	30,00

Considerando a massa molar do óxido de silício igual a 60 g/mol, julgue os itens abaixo.

- 1) A concentração do óxido de silício na água mineral é igual a 0,5 mol/L.
- 2) Em cada litro da água mineral, existem 30 mg de silício.
- 3) Cinco das substâncias indicadas no rótulo podem ser obtidas por neutralização parcial do ácido carbônico.

22 Faap Uma das maneiras de recuperar um soluto não volátil de uma solução aquosa, consiste no aquecimento da solução com o objetivo de evaporar mais rapidamente a água nela contida. Numa indústria, um recipiente contém 500 litros de uma solução aquosa de NaCl de concentração 25,0 g/L. O volume dessa solução, expresso em litros, que deve sofrer aquecimento para propiciar a obtenção de 500 g de NaCl_(s), é:

- (a) 50,0
- (b) 25,0
- (c) 20,0
- (d) 200
- (e) 500

23 Fatec Fenol, C₆H₅OH, conhecido como ácido fênico é usado como desinfetante e na manufatura de plásticos. Dissolvendo-se 0,752 g desse composto em água suficiente para 500 mL, obtém-se solução cuja concentração expressa em mol/L é:

Dados: H = 1 g/mol, C = 12 g/mol, O = 16 g/mol.

- (a) 0,008
- (b) 1,504
- (c) 0,016
- (d) 1,6
- (e) 3,2

35 Cesgranrio A concentração do cloreto de sódio na água do mar é, em média, de 2,95 g/L. Assim sendo, a concentração molar deste sal na água do mar é aproximadamente de:
Dados: Na = 23; Cl = 35,5.

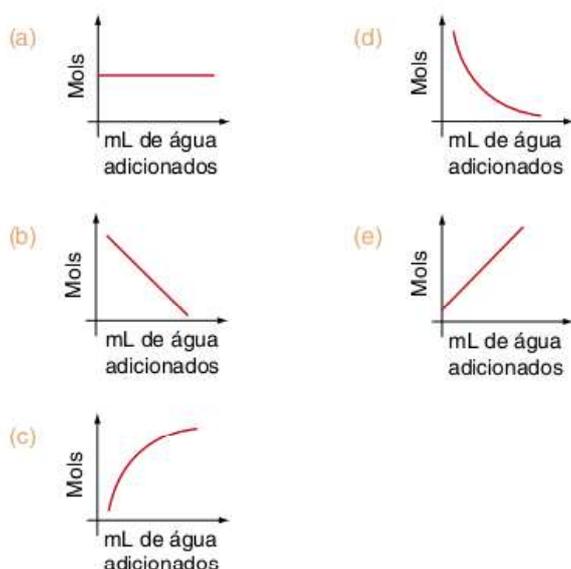
- (a) 0,050 (c) 2,950 (e) 5,850
(b) 0,295 (d) 5,000

36 Cesgranrio A análise da amostra de um determinado vinagre indicou uma concentração de 6,0 g de ácido acético em 100 mL de solução. A molaridade desse vinagre é de:

- (a) 0,1 M (c) 1,0 M (e) 6,0 M
(b) 0,5 M (d) 3,0 M

Diluição e mistura de soluções – Titulação

37 UFU Qual dos gráficos a seguir representa corretamente a variação do número de mols de etanol (C_2H_5OH), quando ao mesmo é adicionada, gradualmente, água?



38 Ufes Considere o NaOH sólido e puro. Considere a densidade da solução igual à da água ($d = 1,0 \text{ g/cm}^3$). Dado: NaOH = 40 g/mol.

Calcule:

- a) a massa de NaOH que deverá ser pesada para se preparar 500,0 mL de solução 0,1 mol/L.
b) a concentração molar da solução quando 25,0 mL da solução do item a são transferidos para um balão volumétrico de 200,0 mL e o volume é completado com água.
c) a percentagem em massa de NaOH na solução preparada no item a.

39 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 (10 g 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?

40 UnB A partir de uma solução de hidróxido de sódio na concentração de 25 g/L, deseja-se obter 125 mL dessa solução na concentração de 10 g/L. Calcule, em mililitros, o volume da solução inicial necessário para esse processo. Despreze a parte fracionária de seu resultado, caso exista.

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

Dados: H = 1; S = 32; O = 16.

- (a) 5 M (c) 3 M (e) 0,5 M
(b) 4 M (d) 2 M

42 Unifesp 2008 No mês de maio de 2007, o governo federal lançou a Política Nacional sobre Álcool. A ação mais polêmica consiste na limitação da publicidade de bebidas alcoólicas nos meios de comunicação. Pelo texto do decreto, serão consideradas alcoólicas as bebidas com teor de álcool a partir de 0,5 °GL. A concentração de etanol nas bebidas é expressa pela escala centesimal *Gay Lussac* (°GL), que indica a percentagem em volume de etanol presente em uma solução. Pela nova Política, a bebida alcoólica mais consumida no país, a cerveja, sofreria restrições na sua publicidade. Para que não sofra as limitações da legislação, o preparo de uma nova bebida, a partir da diluição de uma dose de 300 mL de uma cerveja que apresenta teor alcoólico 4 °GL, deverá apresentar um volume final, em L, acima de:

- (a) 1,0 (c) 1,8 (e) 2,4
(b) 1,4 (d) 2,0

43 Unioeste Que volume de HCl concentrado (16 mol/L) é necessário para preparar 2,0 L de HCl 0,20 mol/L?

>> Dica da questão 39: Trata-se de um problema de diluição, em que a água do mar é a solução concentrada, que será diluída com a água da embarcação para fazer o soro, que é a solução diluída.

44 Fuvest O rótulo de uma solução de alvejante doméstico, à base de cloro, traz a seguinte informação: teor de cloro ativo = 2,0 a 2,5% em peso.

Para se determinar o teor, faz-se reagir um volume conhecido de alvejante com $KI_{(aq)}$ em excesso, ocorrendo a formação de I_2 , conforme a equação:



A quantidade de iodo formada é determinada por titulação com solução de tiosulfato de sódio. Em uma determinação, 10 mL do alvejante foram diluídos a 100 mL com água destilada. Uma amostra de 25 mL dessa solução diluída reagiu com $KI_{(aq)}$ em excesso e a titulação indicou a formação de $1,5 \cdot 10^{-3}$ mol de I_2 .

- a) Verifique se a especificação do rótulo é válida, calculando o teor de cloro ativo desse alvejante.
b) Dentre os seguintes materiais de vidro: bureta, pipeta, balão volumétrico, proveta, béquer e erlenmeyer, cite dois e sua respectiva utilização nessa determinação.

Dados: Densidade do alvejante: 1,0 g/mL; massa molar do $C\ell$: 35 g/mol.

45 Cesgranrio Para preparar 1,2 litros de solução 0,4 M de $HC\ell$, a partir do ácido concentrado (16 M), o volume de água, em litros, a ser utilizado será de:

- (a) 0,03 (c) 0,74 (e) 1,17
(b) 0,47 (d) 1,03

46 UFRRJ 2008 Antigamente, o açúcar era um produto de preço elevado e utilizado quase exclusivamente como medicamento calmante. No século XVIII, com a expansão das lavouras de cana-de-açúcar, esse cenário mudou. Hoje, a sacarose é acessível à maior parte da população, sendo utilizada no preparo de alimentos e bebidas. Um suco de fruta concentrado de determinada marca foi adoçado com 3,42 g de açúcar (sacarose: $C_{12}H_{22}O_{11}$) em 200 mL de solução. Com esse suco, foi preparado um refresco, adicionando-se mais 800 mL de água. A concentração em mol/L de sacarose no suco e a concentração em g/L de sacarose no refresco são, respectivamente:

- (a) 0,05 mol/L e 34,2 g/L
(b) 0,05 mol/L e 3,42 g/L
(c) 0,5 mol/L e 3,42 g/L
(d) 0,5 mol/L e 34,2 g/L
(e) 0,05 mol/L e 342 g/L

47 ITA Para preparar 80L de uma solução aquosa 12% (massa/massa) de KOH (massa específica da solução = 1,10 g/cm³) foram adicionados x litros de uma solução aquosa 44% (massa/massa) de KOH (massa específica da solução = 1,50 g/cm³) e y litros de água deionizada (massa específica = 1,00 g/cm³). Os valores de x e de y são, respectivamente:

- (a) 12 L e 68 L (c) 30 L e 50 L (e) 44 L e 36 L
(b) 16 L e 64 L (d) 36 L e 44 L

48 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% (c) 3,0% (e) 10,0%
(b) 0,2% (d) 5,0%

49 Uerj Diluição é uma operação muito empregada no nosso dia a dia, quando, por exemplo, preparamos um refresco a partir de um suco concentrado.

Considere 100 mL de determinado suco em que a concentração do soluto seja de 0,4 mol . L⁻¹.

O volume de água, em mL, que deverá ser acrescentado para que a concentração do soluto caia para 0,04 mol . L⁻¹ será de:

- (a) 1.000 (c) 500
(b) 900 (d) 400

50 UFU A solução de um certo sal tem a concentração de 30% em peso, e massa de 300 g.

A massa de água necessária para diluí-la a 20% em peso é:

- (a) 25 g (c) 50 g (e) 150 g
(b) 75 g (d) 100 g

51 UFF 2007 O ácido nítrico é um importante produto industrial. Um dos processos para a obtenção do ácido nítrico é fazer passar amônia e ar, sob pressão, por um catalisador acerca de 850 °C, ocorrendo a formação de monóxido de nitrogênio e água. O monóxido de nitrogênio, em presença do oxigênio do ar, se transforma no dióxido que reagindo com a água forma o ácido nítrico e monóxido de nitrogênio.

- a) Escreva as equações balanceadas que representam as diferentes etapas de produção do ácido nítrico através do processo mencionado.
b) Uma solução de ácido nítrico concentrado, de densidade 1,40 g/cm³, contém 63,0 % em peso de ácido nítrico. Informe por meio de cálculos:
I. a molaridade da solução;
II. o volume dessa solução que é necessário para preparar 250,0 mL de solução 0,5 M.

52 UFRGS Uma solução aquosa de ácido sulfúrico (H_2SO_4), para ser utilizada em baterias de chumbo de veículos automotivos, deve apresentar concentração igual a 4 mol/L.

O volume total de uma solução adequada para se utilizar nestas baterias, que pode ser obtido a partir de 500 mL de solução de H_2SO_4 de concentração 18 mol/L, é igual a:

- (a) 0,50 L (c) 2,25 L (e) 9,00 L
(b) 2,00 L (d) 4,50 L

>> Dica da questão 44: Apesar de o componente ativo do alvejante ser o hipoclorito ($OC\ell^-$), a especificação se refere à porcentagem em massa de cloro ($C\ell$) no alvejante. Dica da questão 50: Apesar de não ser rigorosamente correto, considere ambas as soluções (concentrada e diluída) com densidade de 1g/cm³.

53 UFMS A soda cáustica (NaOH) é uma das bases mais usadas pela indústria química na preparação de compostos orgânicos, na purificação de óleos vegetais e derivados de petróleo etc. Suponha-se que, para ser usada em um determinado processo industrial, há necessidade de 10L de soda a 7,5%. Partindo-se de uma solução a 25% dessa substância (sol A), o volume da solução e o volume de água que deveriam ser misturados, para obter a solução com a concentração desejada, são, em litros:

- (a) sol A – 7,0; água – 3,0
- (b) sol A – 3,0; água – 7,0
- (c) sol A – 0,3; água – 9,7
- (d) sol A – 9,7; água – 0,3
- (e) sol A – 7,5; água – 2,5

54 Unirio 50 mL de uma solução “y” mol/L de KOH são preparados a partir de 10 mL de uma solução estoque de KOH “x” mol/L. A solução diluída é colocada para reagir com H_2SO_4 0,5 mol/L, consumindo 40 mL do ácido. Os valores, em mol/L, de x e y são, respectivamente, iguais a:

- (a) x = 0,8; y = 1
- (b) x = 1; y = 8
- (c) x = 2; y = 0,4
- (d) x = 4; y = 0,8
- (e) x = 8; y = 2

55 Unitau Deseja-se diluir um litro da solução de H_2SO_4 a 80% e de densidade $2,21 \text{ g/cm}^3$ até o volume de cinco litros. As concentrações molares do H_2SO_4 , antes e depois da diluição, são, respectivamente, em mols/litro:

- (a) 10,1 e 5,2
- (b) 12,0 e 4,0
- (c) 4,0 e 11,3
- (d) 18,0 e 3,6
- (e) 22,5 e 10,5

56 Vunesp 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
- (b) 100 mL
- (c) 150 mL
- (d) 300 mL
- (e) 450 mL

TEXTO COMPLEMENTAR

Algum dia o mar já foi de água doce?

A resposta é afirmativa. Nos primórdios do planeta, enquanto os oceanos se formavam, a água era praticamente desprovida de sal. Foi a dinâmica do ciclo da água que tornou os oceanos salgados ao longo dos milhões e milhões de anos. Primeiramente, analisemos o ciclo através do desenho a seguir.



Ciclo básico da água na natureza.

Entretanto, toda essa dinâmica produz consequências importan-
tíssimas. A água é chamada de solvente universal, já que é capaz de
dissolver uma série de nutrientes e também de sais minerais, que estão
no fundo dos rios e em suas encostas. Portanto, a água é como um
trem, que segue sempre o mesmo caminho. Quando drena um con-
tinentes, leva consigo esses sais que desembocarão na água do mar.
Mas a quantidade de sal levada do continente para os oceanos pelos
rios não é suficiente para salgá-lo. O que torna o oceano tão salgado
é que, quando a água evapora novamente para formar uma nova
nuvem, ela evapora só, sem o sal. E essa mesma água trará uma nova
quantidade de sal a cada ciclo completo mostrado anteriormente.

Com isso, o continente vai sendo lavado, e ficando cada vez mais
desprovido de sal. Em compensação, os mares e oceanos vão ficando
cada vez mais salgados. Com isso, as espécies marinhas, em todo
o seu processo evolutivo, devem criar mecanismos biológicos para
suportar um ambiente cada vez mais salgado e inóspito.

Ainda pela quantidade de todos os sais que existem no
oceano, é possível fazer a datação dos mesmos, já que, a cada
ano, ele fica ligeiramente mais salgado. Como a teoria mais aceita
da Origem da Vida afirma que ela começou nos oceanos, dá para
concluir, a partir da quantidade de sal, há quanto tempo existe vida
na Terra.

RESUMINDO

Este capítulo servirá como alicerce para o estudo de toda a Físico-Química. Os problemas de cinética química e equilíbrios químicos, por exemplo, utilizarão definições importantes desse assunto. Para entender soluções, é preciso aprender a utilizar definições operacionais, como concentração comum, concentração molar e título, entre outras.

Inicialmente, classificam-se as soluções de acordo com a quantidade de soluto contida em uma quantidade fixa de solvente. De um caso especial, irá surgir o conceito de coeficiente de solubilidade e sua dependência com a temperatura. As curvas de solubilidade encerram o estudo desse primeiro trecho.

Posteriormente, analisamos os tipos de concentrações de soluções, a saber:

- Concentração Comum (C);
- Concentração Molar (M);
- Título (τ);
- Frações Molares (X);
- Molalidade (W).

Além disso, visualizamos no estudo que há relações muito importantes entre essas unidades de medida de concentração, devidamente deduzidas e apresentadas.

Por fim, foram estudados três tipos de problemas:

- Diluição de soluções;
- Misturas de soluções;
- Titulometria.

Destacamos que a resolução dos exercícios deste capítulo é fundamental para o perfeito entendimento do mesmo.

■ QUER SABER MAIS?



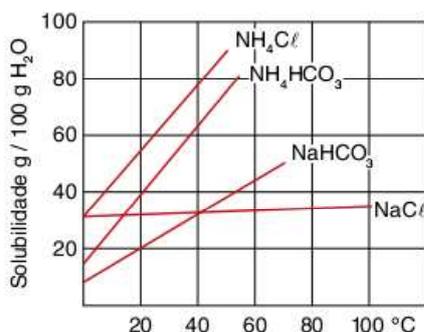
SITES

- Soluções
Disponível em: <www.infoescola.com/quimica/solucoes/>.
- Preparando soluções químicas (em inglês)
Disponível em: <www.sciencecompany.com/lab/test_solns.htm>.

Exercícios complementares

Classificação de soluções e curvas de solubilidade

1 Fatec O processo Solvay de obtenção do Na_2CO_3 , matéria-prima importante na fabricação do vidro, envolve os reagentes CO_2 , NH_3 e solução saturada de NaCl . Na solução final encontram-se os íons $\text{NH}_4^+_{(aq)}$, $\text{Na}^+_{(aq)}$, Cl^- e $\text{HCO}_3^-_{(aq)}$



Analisando, no gráfico apresentado, as curvas de solubilidade em função da temperatura, é correto afirmar que, na temperatura de 20 °C, o sólido que deverá precipitar primeiro é o:

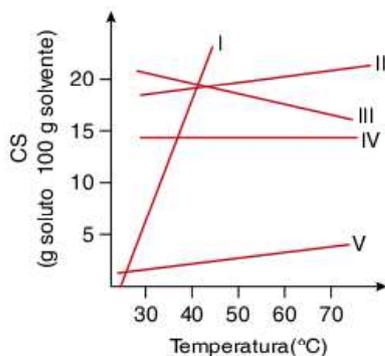
- (a) NH_4Cl (c) NH_4HCO_3 (e) Na_2CO_3
 (b) NaHCO_3 (d) NaCl

2 Fuvest 160 gramas de uma solução aquosa saturada de sacarose a 30 °C são resfriados a 0 °C. Quanto do açúcar cristaliza?

Temperatura °C	Solubilidade da sacarose g/100 g de H_2O
0	180
30	220

- (a) 20 g (c) 50 g (e) 90 g
 (b) 40 g (d) 64 g

3 FGV 2008 Na figura, são apresentadas as curvas de solubilidade de um determinado composto em cinco diferentes solventes.

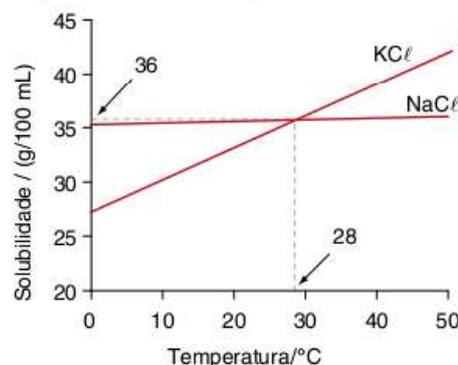


Na purificação desse composto por recristalização, o solvente mais indicado para se obter o maior rendimento no processo é o:

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

4 Fuvest NaCl e KCl são sólidos brancos cujas solubilidades em água, a diferentes temperaturas, são dadas pelo gráfico a seguir. Para distinguir os sais, os três procedimentos foram sugeridos:

- I. Colocar num recipiente 2,5 g de um dos sais e 10,0 mL de água e, em outro recipiente, 2,5 g do outro sal e 10,0 mL de água. Agitar e manter a temperatura de 10 °C.
- II. Colocar num recipiente, 3,6 g de um dos sais e 10,0 mL de água e, em outro recipiente, 3,6 g do outro sal e 10,0 mL de água. Agitar e manter a temperatura de 28 °C.
- III. Colocar num recipiente 3,8 g de um dos sais e 10,0 mL de água e, em outro recipiente, 3,8 g do outro sal e 10,0 mL de água. Agitar e manter a temperatura de 45 °C.



Pode-se distinguir esses dois sais somente por meio:

- (a) do procedimento I.
 (b) do procedimento II.
 (c) do procedimento III.
 (d) dos procedimentos I e II.
 (e) dos procedimentos I e III.

5 FEI A tabela a seguir fornece as solubilidades do KCl e do Li_2CO_3 a várias temperaturas.

Temperatura (°C)	Solubilidade g/100 g H_2O	
	KCl	Li_2CO_3
0	27,6	0,154
10	31,0	0,143
20	34,0	0,133
30	37,0	0,125
40	40,0	0,117
50	42,6	0,108

>> Dica da questão 4: A diferenciação ocorre quando em uma das soluções houver corpo de fundo e em outra não.

Assinale a alternativa falsa.

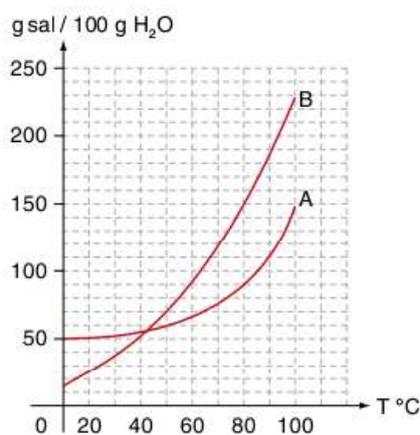
- (a) A dissolução do KCl em água é endotérmica.
- (b) O aquecimento diminui a solubilidade do Li_2CO_3 em água.
- (c) A massa de KCl capaz de saturar 50g de água, a 40 °C, é 20 g.
- (d) Ao resfriar, de 50 °C até 20 °C, uma solução que contém inicialmente 108 mg de Li_2CO_3 em 100 g de água, haverá precipitação de 25 mg de Li_2CO_3 .
- (e) A 10 °C, a solubilidade do KCl é maior do que a do Li_2CO_3 .

6 FEI Tem-se 500 g de uma solução aquosa de sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), saturada a 50 °C. Qual a massa de cristais que se separam da solução, quando ela é resfriada até 30 °C?

Dados: Coeficiente de solubilidade (Cs) da sacarose em água: Cs à 30 °C = 220 g/100 g de água; Cs à 50 °C = 260 g/100 g de água.

- (a) 40,0 g
- (b) 28,8 g
- (c) 84,25 g
- (d) 55,5 g
- (e) 62,5 g

7 Mackenzie A partir do diagrama a seguir, que relaciona a solubilidade de dois sais A e B com a temperatura são feitas as afirmações:

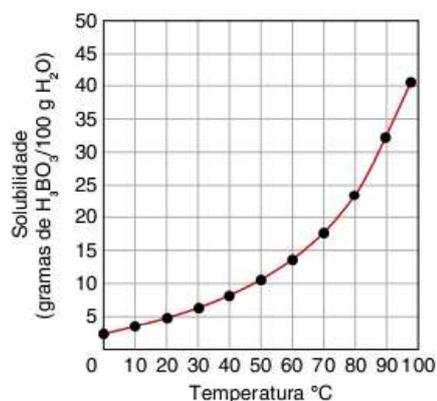


- I. existe uma única temperatura na qual a solubilidade de A é igual à de B.
- II. a 20 °C, a solubilidade de A é menor que a de B.
- III. a 100 °C, a solubilidade de B é maior que a de A.
- IV. a solubilidade de B mantém-se constante com o aumento da temperatura.
- V. a quantidade de B que satura a solução à temperatura de 80 °C é igual a 150 g, para 100 g de H_2O .

Somente são corretas:

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

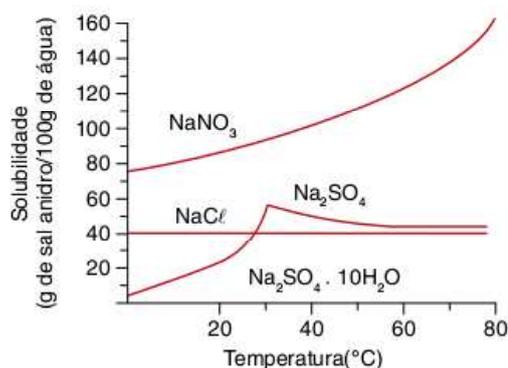
8 Puccamp Considere o gráfico representativo da curva de solubilidade do ácido bórico em água.



Adicionando-se 200 g de H_3BO_3 em 1,00 kg de água, a 20 °C, quantos gramas do ácido restam na fase sólida?

- (a) 50,0
- (b) 75,0
- (c) 100
- (d) 150
- (e) 175

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

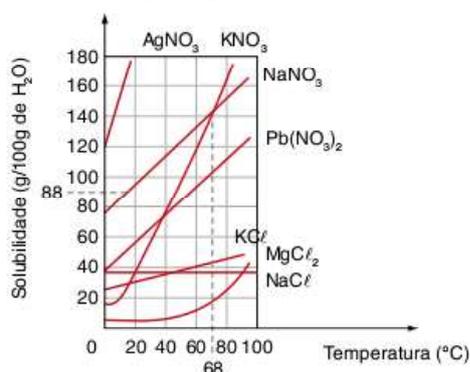


Considerando sistemas termodinamicamente estáveis, é errado afirmar que:

- (a) a 25 °C, a solubilidade em água do $NaNO_3$ é maior que a do $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$.
- (b) a 25 °C, uma mistura de 120g de $NaNO_3$ com 100 g H_2O é bifásica, sendo uma das fases o $NaNO_3(s)$ e a outra a $H_2O(l)$.
- (c) a 0 °C, uma mistura de 20 g de $NaCl$ com 100g de gelo é monofásica, sendo esta fase uma solução aquosa não saturada em $NaCl$.
- (d) a 25 °C, a concentração de íons de sódio existentes na fase líquida de uma mistura preparada pela adição de 6 g de $NaCl$ à 100 g de H_2O 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 Na_2SO_4 em 10 g de H_2O é maior do que a existente em outra solução preparada pela dissolução de 1,0 g de $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ na mesma quantidade de água.

>> Dica da questão 6: É bom lembrar que 500 g é a massa de soluto mais a massa de solvente. Dica da questão 9: Toda solução com corpo de fundo que é termodinamicamente estável é saturada com relação ao soluto precipitado.

10 PUC-MG O gráfico a seguir representa as curvas de solubilidade de várias substâncias.



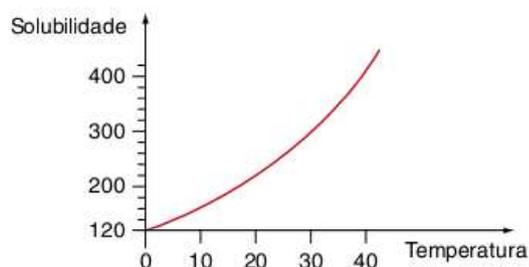
Com relação ao gráfico anterior, assinale a afirmativa incorreta.

- (a) 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 NaCl .
- (c) A substância que apresenta maior aumento de solubilidade com o aumento de temperatura é o AgNO_3 .
- (d) À temperatura ambiente, a substância menos solúvel é o MgCl_2 .
- (e) A 40°C , a solubilidade do KCl e a do NaCl são iguais.

11 Ufes Ao se adicionar cloreto de amônio a uma 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 NH_4Cl aumenta com o aumento da temperatura.
- (b) O processo é endotérmico e a solubilidade do NH_4Cl aumenta com o aumento da temperatura.
- (c) O processo é exotérmico e a solubilidade do NH_4Cl diminui com o aumento da temperatura.
- (d) O processo é endotérmico e a solubilidade do NH_4Cl diminui com o aumento da temperatura.
- (e) O processo é endotérmico e a solubilidade do NH_4Cl independe da temperatura.

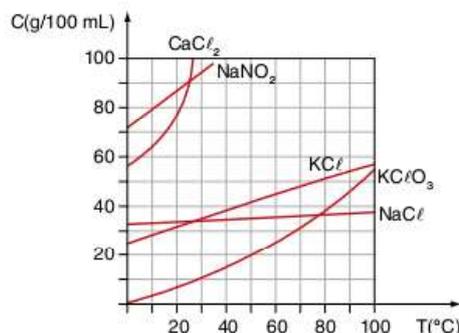
12 UEL O gráfico a seguir refere-se à solubilidade (em g/100 g de água) de determinado sal em diferentes temperaturas (em $^\circ\text{C}$).



Se, a 40°C forem acrescentados $20,0\text{ g}$ do sal em 200 g de água, e deixada a mistura em repouso sob temperatura constante, obter-se-á:

- I. solução saturada
 - II. corpo de fundo
 - III. solução diluída
- Dessas afirmações:
- (a) apenas I é correta.
 - (b) apenas II é correta.
 - (c) apenas III é correta.
 - (d) I, II e III são corretas.
 - (e) I, II e III são incorretas.

13 PUC-MG O diagrama representa curvas de solubilidade de alguns sais em água.



Com relação ao diagrama anterior, é correto afirmar:

- (a) o NaCl é insolúvel em água.
- (b) o KClO_3 é mais solúvel do que o NaCl à temperatura ambiente.
- (c) a substância mais solúvel em água, a uma temperatura de 10°C , é CaCl_2 .
- (d) o KCl e o NaCl apresentam sempre a mesma solubilidade.
- (e) a 25°C , a solubilidade do CaCl_2 e a do NaNO_2 são praticamente iguais.

14 ITA 2009 Uma mistura sólida é composta de carbonato de sódio e bicarbonato de sódio. A dissolução completa de $2,0\text{ g}$ dessa mistura requer $60,0\text{ mL}$ de uma solução aquosa $0,5\text{ mol L}^{-1}$ de HCl . Assinale a opção que apresenta a massa de cada um dos componentes dessa mistura sólida.

- (a) $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,4\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 1,6\text{ g}$
- (b) $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,7\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 1,3\text{ g}$
- (c) $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0,9\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 1,1\text{ g}$
- (d) $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1,1\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 0,9\text{ g}$
- (e) $m\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1,3\text{ g}$; $m\text{NaHCO}_3 = 0,7\text{ g}$

Tipos de concentração de soluções

15 Fatec Para obter-se meio litro de uma solução aquosa de cloreto de sódio $0,9\%$ (soro fisiológico) são necessários x gramas do sal. O valor numérico de x é, aproximadamente:

- (a) 0,45
- (b) 0,9
- (c) 4,5
- (d) 9,0
- (e) 45

>> Dica das questões 15: Quando não se menciona a densidade da solução e a mesma é bem diluída, com título baixo, deve-se tomar a densidade da solução como sendo de 1 g/cm^3 .

16 Unifesp 2006 Em intervenções cirúrgicas, é comum aplicar uma tintura de iodo na região do corpo onde será feita a incisão. A utilização desse produto deve-se à sua ação antisséptica e bactericida. Para 5 litros de etanol, densidade 0,8 g/mL, a massa de iodo sólido, em gramas, que deverá ser utilizada para obter uma solução que contém 0,50 mol de I_2 para cada quilograma de álcool, será de:

- (a) 635 (c) 381 (e) 127
(b) 508 (d) 254

17 Fatec Soro fisiológico é uma solução aquosa de cloreto de sódio a 0,9% em massa. A massa de NaCl em gramas necessária para preparar 2 litros de soro fisiológico é:

Dado: Massa específica $H_2O = 1$ g/mL.

- (a) 0,9 (c) 9 (e) 18
(b) 1,8 (d) 90

18 FEI O grande volume de esgotos clandestinos lançados nos mananciais da grande São Paulo é uma das causas da proliferação de algas microscópicas nocivas. Essas algas comprometem a qualidade da água. Concentrações de CO_2 acima do limite de $2,5 \cdot 10^{-3}$ mol/L aceleram o crescimento de alguns tipos de algas. Numa represa com 5.000 litros, assinale a alternativa correspondente à massa limite (em kg) de CO_2 citada anteriormente:

Dados: C = 12,0 u; O = 16,0 u.

- (a) 0,55 (c) 2,20 (e) 5,50
(b) 1,10 (d) 4,40

19 FEI A massa de $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ necessária para preparar 5 L de solução aquosa de Na_2CO_3 0,10 molar é igual a:

Dados: Na = 23; C = 12; O = 16; H = 1.

- (a) 10,6 g (c) 143 g (e) 500 g
(b) 106 g (d) 286 g

20 FEI A concentração molar (mol/L) de uma solução aquosa preparada por adição de 5,3 g de Na_2CO_3 (massa molar 106 g/mol) em água até completar 100 mL de solução é:

- (a) 0,05 (c) 0,5 (e) 2
(b) 0,2 (d) 1

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

Dado: Massa molar de fluoreto: 19,0 g/mol.

- (a) 0,9 (c) 2,8 (e) 15
(b) 1,3 (d) 5,7

22 ITA Considere as seguintes soluções:

- I. 10 g de NaCl em 100 g de água
II. 10 g de NaCl em 100 ml de água
III. 20 g de NaCl em 180 g de água
IV. 10 mols de NaCl em 90 mols de água

Dessas soluções, tem concentração 10% em massa de cloreto de sódio:

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

23 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

24 Mackenzie Por seu papel nos batimentos cardíacos, na contração muscular etc., o potássio é imprescindível ao funcionamento do nosso organismo. Além da banana “nanica”, uma fonte de potássio é a uva passa.

100 g de uva passa são processados adequadamente até se obterem 280 mL de solução que contém 0,975 mg de um sal de potássio, K_2A , 100% dissociado. A molaridade dos íons potássio, em mols por litro, é:

Dado: Massa molar $K_2A = 174$ g/mol.

- (a) $2 \cdot 10^{-3}$ mol/litro (d) $4 \cdot 10^{-5}$ mol/litro
(b) $2 \cdot 10^{-5}$ mol/litro (e) $6 \cdot 10^{-5}$ mol/litro
(c) $6 \cdot 10^{-1}$ mol/litro

25 Puccamp “Num balão volumétrico de 250 mililitros, após adição de 1,00 g de hidróxido de sódio sólido, o volume é completado com água destilada. A solução assim obtida tem concentração de ... X ... g/L sendo mais ... Y ... do que outra solução de concentração 0,25 mol/L, da mesma base”.

Para completar corretamente o texto acima, deve-se substituir X e Y, respectivamente, por:

- (a) 1,00 e diluída (d) 3,00 e concentrada
(b) 2,00 e concentrada (e) 4,00 e diluída
(c) 2,50 e diluída

26 Unicamp 2007 A aplicação de insumos químicos na atividade agrícola pode representar uma fonte de problemas ambientais e econômicos, se não for feita corretamente. Em um estudo realizado para monitorar as perdas de um agrotóxico em uma plantação de tomates, uma solução aquosa de um sal duplo de cobre foi aplicada por pulverização. As perdas para o solo e para o ambiente foram determinadas por análise química do cobre.

- a) A quantidade total (em gramas) de um agrotóxico (Q) pulverizado numa área predeterminada do tomatal pode ser obtida conhecendo-se algumas grandezas. Escreva uma equação matemática que permita calcular Q, escolhendo entre as grandezas: t (tempo de pulverização em segundos); T (temperatura em kelvin); V (vazão de solução pulverizada em $L s^{-1}$); F (massa de solução pulverizada em $kg s^{-1}$); C (concentração do agrotóxico no líquido pulverizado em $mol L^{-1}$); P (porcentagem em massa de agrotóxico por massa de líquido); M (massa molar do agrotóxico).

>> Dica das questões 17: Quando não se menciona a densidade da solução e a mesma é bem diluída, com título baixo, deve-se tomar a densidade da solução como sendo de 1 g/cm³. Dica da questão 24: A concentração do K^+ não é a mesma do K_2A .

- b) Sabendo-se que o agrotóxico utilizado é um hidroxicloreto de cobre, e que a sua massa molar é de $213,1 \text{ g mol}^{-1}$, escreva a sua fórmula.
- c) De acordo com a fórmula do agrotóxico, em que estado de oxidação encontra-se o cobre? Justifique sua resposta.
- Dados: $\text{Cu} = 63,5$; $\text{OH} = 16,9$; $\text{Cl} = 35,4$.

27 PUC-MG De acordo com o laboratório, citrovita – o suco de laranja Danone – apresenta em 200 mL do suco, em média, 80 mg de vitamina C, cuja massa molar é igual a 176 g/mol . No suco de laranja, a concentração de vitamina C, em mol/L, equivale em média a, aproximadamente:

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

28 Mackenzie 2009 Recentemente, o governo canadense proibiu a comercialização de mamadeiras e chupetas produzidas com um tipo de plástico considerado tóxico, por conter uma substância chamada Bisfenol A (BPA). Toxicologistas alertam que o produto químico contamina os alimentos quando esses forem armazenados ainda quentes em um recipiente fabricado com BPA. O limite de segurança aceito para ingestão do Bisfenol, segundo a Agência Ambiental Americana (EPA), é de 50 ppb/dia (partes por bilhão, por dia).

UOL Ciência e Saúde – 2008. (Adapt.).

Admita que uma criança que se alimente exclusivamente com o conteúdo de cinco mamadeiras de 0,250 L de leite quente ingira 1/4 do limite diário aceitável de BPA. Assim, a quantidade de BPA presente em cada mililitro de leite ingerido será de:

- (a) $1,0 \cdot 10^{-2}$ ppb (c) $12,5 \cdot 10^{-3}$ ppb (e) $4,0 \cdot 10^{-2}$ ppb
 (b) $1,0 \cdot 10^{-3}$ ppb (d) $1,0 \cdot 10^1$ ppb

29 PUC-MG Uma solução de ácido bórico (H_3BO_3) apresenta uma concentração igual a 12,4%. A concentração em mol/L dessa solução é igual a:

- (a) 0,20 (c) 0,50 (e) 4,00
 (b) 0,40 (d) 2,00

30 Uece Observe o quadro a seguir. Os valores de I, II e III, são, respectivamente:

	H_2SO_4	KNO_3	NaOH
Massa molar	98 g/mol	101 g/mol	40 g/mol
Massa de soluto	I	303 g	200 g
Volume da solução	2,0 L	II	2,5 L
Mols/Litro	0,5	1	III

- (a) 98 g; 2,0 L; 3,0 mol/L (c) 98 g; 3,0 L; 1,0 mol/L
 (b) 49 g; 3,0 L; 2,0 mol/L (d) 98 g; 3,0 L; 2,0 mol/L

31 Uerj 2010 O sulfato de alumínio é utilizado como clarificante no tratamento de água, pela ação dos íons alumínio que agregam o material em suspensão. No tratamento de 450 L de água, adicionaram-se 3,078 kg de sulfato de alumínio, sem que houvesse variação de volume.

Admitindo-se a completa dissociação do sal, a concentração de íons alumínio, em mol . L⁻¹, é igual a:

- (a) 0,02 (c) 0,04
 (b) 0,03 (d) 0,05

32 Unesp 2007 Com o objetivo de diminuir a incidência de cáries na população, em muitas cidades adiciona-se fluoreto de sódio à água distribuída pelas estações de tratamento, de modo que obtenha uma concentração de $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Com base nesse valor e dadas as massas molares em $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: $\text{F} = 19$ e $\text{Na} = 23$, podemos dizer que a massa do sal contida em 500 mL dessa solução é:

- (a) $4,2 \cdot 10^{-1} \text{ g}$ (c) $4,2 \cdot 10^{-4} \text{ g}$ (e) $8,4 \cdot 10^{-4} \text{ g}$
 (b) $8,4 \cdot 10^{-1} \text{ g}$ (d) $6,1 \cdot 10^{-4} \text{ g}$

33 UEL O “sal amargo”, estimulante das vias biliares, é o $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$. A dissolução de 246,3 g de sal amargo em água até completar 1 litro origina solução que contém íons $\text{Mg}^{2+}_{(\text{aq})}$ em concentração igual a:

Dado: $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O} = 246,3 \text{ g/mol}$.

- (a) 1 mol/L (c) 3 mol/L (e) 5 mol/L
 (b) 2 mol/L (d) 4 mol/L

34 UFRRJ 2008 As águas dos mares e oceanos contêm vários sais, cuja salinidade (quantidade de sais dissolvida) varia de acordo com a região em que foram colhidas as amostras. O Mar Vermelho, por exemplo, é o que apresenta maior salinidade – aproximadamente 40 g de sais dissolvidos para cada litro de água (40 g/L). Já o Mar Báltico é o que apresenta menor salinidade – em média, (30 g/L).

Cerca de 80% (em massa) dos sais dissolvidos são constituídos de cloreto de sódio; nos outros 20% são encontrados vários sais, como o cloreto de magnésio e o sulfato de magnésio.

Usberco & Salvador. Integrando seu conhecimento. São Paulo: Saraiva, 2006.

Com base no texto e considerando a importância cotidiana, para a vida das sociedades modernas, do uso do cloreto de sódio, determine a concentração molar (mol/L) de cloreto de sódio (NaCl) no Mar Vermelho.

Dado: Massa molar do $\text{NaCl} = 58,5 \text{ g/mol}$.

35 UFRGS A quantidade de mols de HCl contidas em 25 mL de uma solução aquosa de HCl cuja concentração é 37% em massa e cuja densidade é $1,18 \text{ g/mL}$ é:

Dado: $\text{H} = 1,01 \text{ u}$; $\text{Cl} = 35,5 \text{ u}$.

- (a) 0,25 mol (c) 0,03 mol (e) 3,0 mol
 (b) 2,5 mol (d) 0,3 mol

36 Vunesp A massa de cloreto de crômio (III) hexaidratado, necessária para se preparar 1 litro de uma solução que contém 20 mg de Cr^{3+} por mililitro, é igual a:

Dados: Massas molares, em g/mol : $\text{Cr} = 52$; cloreto de crômio hexaidratado = 266,5.

- (a) 0,02 g (d) 102,5 g
 (b) 20 g (e) 266,5 g
 (c) 52 g

37 UFRJ 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. Nesse ambiente, surgiram os primeiros microrganismos fotossintéticos. Com a proliferação desses microrganismos 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.

- Calcule a molaridade de íons Fe^{3+} na água do mar primitivo.
- 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.

38 Fuvest Propriedades de algumas substâncias:

Substância: CCl_4

Ponto de fusão ($^{\circ}\text{C}$): $-23,0$

Solubilidade ($\text{g}/100\text{ cm}^3$) a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ em água: ≈ 0

Densidade (g/cm^3) a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$: $1,59$

Substância: iodo

Ponto de fusão ($^{\circ}\text{C}$): $113,5$

Solubilidade ($\text{g}/100\text{ cm}^3$) a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ em água: $0,03$

Solubilidade ($\text{g}/100\text{ cm}^3$) a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ em CCl_4 : $2,90$

Densidade (g/cm^3) a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$: $4,93$

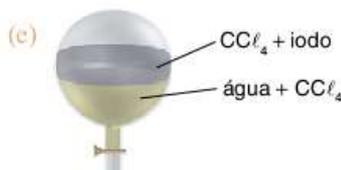
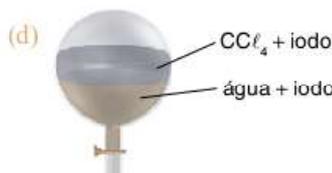
Substância: água

Ponto de fusão ($^{\circ}\text{C}$): $0,0$

Solubilidade ($\text{g}/100\text{ cm}^3$) a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ em CCl_4 : ≈ 0

Densidade (g/cm^3) a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$: 1

A $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $3,00\text{ g}$ de iodo, 70 cm^3 de água e 50 cm^3 de CCl_4 são colocados em um funil de separação. Após agitação e repouso, qual dos esquemas a seguir deve representar a situação final?



39 Enem 2010 Todos os organismos necessitam de água e grande parte deles vive em rios, lagos e oceanos. Os processos biológicos, como respiração e fotossíntese, exercem profunda influência na química das águas naturais em todo o planeta. O oxigênio é ator dominante na química e na bioquímica da hidrosfera. Devido à sua baixa solubilidade em água ($9,0\text{ mg/L}$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$), a disponibilidade de oxigênio nos ecossistemas aquáticos estabelece o limite entre a vida aeróbica e anaeróbica. Nesse contexto, um parâmetro chamado "Demanda Bioquímica de Oxigênio" (DBO) foi definido para medir a quantidade de matéria orgânica presente em um sistema hídrico. A DBO corresponde à massa de O_2 em miligramas necessária para realizar a oxidação total do carbono orgânico em um litro de água.

C. Baird. Química Ambiental. Bookman, 2005. (Adapt.).

Dados: Massas molares em g/mol : $\text{C} = 12$; $\text{H} = 1$; $\text{O} = 16$.

Suponha que 10 mg de açúcar (fórmula mínima CH_2O e massa molar igual a 30 g/mol) são dissolvidos em um litro de água, em quanto a DBO será aumentada?

- $0,4\text{ mg}$ de O_2 /litro
- $1,7\text{ mg}$ de O_2 /litro
- $2,7\text{ mg}$ de O_2 /litro
- $9,4\text{ mg}$ de O_2 /litro
- $10,7\text{ mg}$ de O_2 /litro

40 Enem 2010 Ao colocar um pouco de açúcar na água e mexer até a obtenção de uma só fase, prepara-se uma solução. O mesmo acontece ao se adicionar um pouquinho de sal à água e misturar bem. Uma substância capaz de dissolver o soluto é denominada solvente; por exemplo, a água é um solvente para o açúcar, para o sal e para várias outras substâncias. A figura a seguir ilustra essa citação.

>> Dica da questão 38: Há mais de um aspecto para que se resolva a questão. Porém, o mais importante é saber se sobrar ou não iodo sólido, depois de parte dele ter se dissolvido em ambos os solventes. Dica da questão 40: Considere que cada um dos copos apresenta volume V .

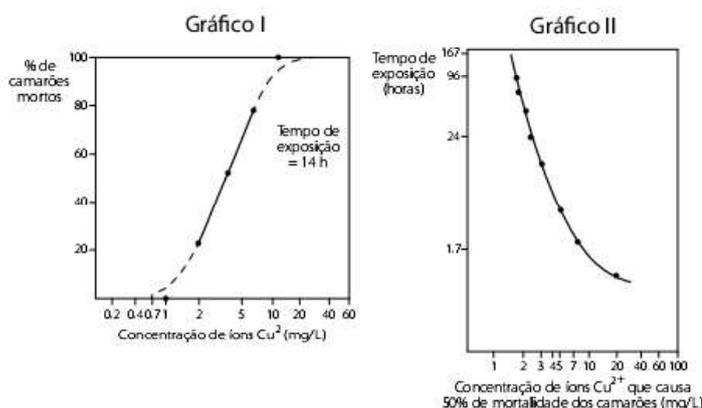


Fonte: <www.sobiologia.com.br>. Acesso em: 27 abr. 2010.

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

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

41 Enem 2002 Para testar o uso do algicida sulfato de cobre em tanques para criação de camarões, estudou-se, em aquário, a resistência desses organismos a diferentes concentrações de íons cobre (representados por Cu^{2+}). Os gráficos a seguir relacionam a mortalidade de camarões com a concentração de Cu^{2+} e com o tempo de exposição a esses íons.



P. D. Vowles; D. W. Conell. *Experiments in environmental chemistry: a laboratory manual*. Oxford: Pergamon Press, 1980. (Adapt.).

Se os camarões utilizados na experiência fossem introduzidos em um tanque de criação contendo 20.000 L de água tratada com sulfato de cobre, em quantidade suficiente para fornecer 50 g de íons cobre, estariam vivos, após 24 horas, cerca de:

- (a) $\frac{1}{5}$
- (b) $\frac{1}{4}$
- (c) $\frac{1}{2}$
- (d) $\frac{2}{3}$
- (e) $\frac{3}{4}$

42 Enem 2000 Determinada estação trata cerca de 30.000 litros de água por segundo.

Para evitar riscos de fluorose, a concentração máxima de fluoretos nessa água não deve exceder a cerca de 1,5 miligrama por litro de água.

A quantidade máxima dessa espécie química que pode ser utilizada com segurança, no volume de água tratada em uma hora, nessa estação, é:

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

43 UFTM 2012 Carbonato de cálcio (CaCO_3) é uma das matérias utilizadas na indústria de cimento e cerâmicas. Por ter caráter básico, pode ser utilizado para neutralizar soluções ácidas no tratamento de efluentes gerados nos laboratórios químicos. Para neutralizar completamente 1 litro de solução de HNO_3 0,50 mol/L é necessária uma quantidade mínima de CaCO_3 , em gramas, igual a:

- (a) 100
- (b) 75
- (c) 50
- (d) 25
- (e) 10

44 UEM 2012 A aplicação de fertilizantes líquidos em lavouras depende fundamentalmente da formulação do fertilizante e do tipo de lavoura. A tabela a seguir apresenta as concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) que devem estar presentes no fertilizante de uma determinada lavoura. Sabendo-se que um agricultor possui três formulações aquosas estoque de fertilizante: a primeira (1) contendo 0 g/L de nitrogênio, 60 g/L de fósforo e 40 g/L de potássio; a segunda (2) contendo 50 g/L de nitrogênio, 50 g/L de fósforo e 0 g/L de potássio; e a terceira (3) 40 g/L de nitrogênio, 0 g/L de fósforo e 60 g/L de potássio. Assinale a(s) alternativa(s) correta(s) a respeito das formulações de fertilizante ótimas para cada lavoura.

Lavoura	Concentração de fertilizante (g/L)		
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
A	0,40	0,60	1,00
B	1,00	2,20	0,80
C	0,45	0,25	0,3

- 01 Para a lavoura A, deve ser feita uma solução contendo 50 mL da formulação (1) e 50 mL da formulação (3), diluindo-se em seguida para um volume final de 5 litros.
- 02 As formulações estoque podem ser preparadas a partir dos sais nitrato de amônia, fosfato monoácido de cálcio e cloreto de potássio.
- 04 Para se preparar a primeira solução estoque (1), em relação ao K, pode-se usar, aproximadamente, 1,025 mols de KCl dissolvido em 1 litro de água.
- 08 Além de NPK, fertilizantes podem conter outros compostos em menor proporção, fontes de micronutrientes, como Fe, Zn, Mn e Cu.
- 16 Para a lavoura C, deve ser feita uma solução contendo 150 mL da formulação (2) e 150 mL da formulação (3), diluindo-se em seguida a um volume final de 15 litros.

Soma =

Texto para a questão 45.

TEXTO I

No Konso [Etiópia], o homem carrega água apenas nas duas ou três semanas subseqüentes ao nascimento de seu bebê.

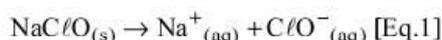
Garotos pequenos pegam água também, mas apenas até os 7 ou 8 anos. Essa regra é seguida à risca – por homens e mulheres. “Se garotos mais velhos carregam água, as pessoas começam a focar que a mãe deles é preguiçosa”, diz Aylito.

A reputação de uma mulher do Konso, diz ela, assenta-se no trabalho duro. “Se eu ficar sentada em casa e não fizer nada, ninguém vai gostar de mim. Mas se eu correr para cima e para baixo com 45 litros de água, eles dirão que sou uma mulher sábia que trabalha duro”. Lemeta, tímida, para na casa de Aylito Binayo e pede permissão ao marido dela, Guyo Jalto, para checar seus galões. Jalto leva-o até a palhoça onde eles são guardados. Lemeta abre a tampa de um deles e cheira, balançando a cabeça em aprovação – a família está usando WaterGuard, um aditivo à base de cloro. Uma tampinha cheia do produto purifica um galão de água. O governo passou a distribuir WaterGuard logo no começo da mais recente epidemia de diarreia. Lemeta também verifica se a família possui uma latrina e fala aos moradores sobre as vantagens de ferver a água de beber, lavar as mãos e banhar-se duas vezes por semana.

Tina Rosenberg. “O fardo da sede”. *National Geographic*, ed. 121, 2010. Disponível em: <<http://viajeaqui.abril.com.br/national-geographic/edicao-121/busca-agua-propria-542206.shtml?page=3>>. Acesso em: 3 ago. 2011. (Adapt.).

TEXTO II

A família de Aylito trata a água com o *WaterGuard* (WG), que consiste em uma solução aquosa de hipoclorito de sódio (2,5% m/v). O NaClO é um forte oxidante que se dissocia em água, conforme as equações [Eq.1] e [Eq.2] a seguir.



Para uma ação desinfetante adequada, há necessidade de, no mínimo, 2 mg/L de cloro residual ($\text{HClO}_{(aq)}$ e $\text{ClO}^-_{(aq)}$) na água.

Dados: $^{17}_{35,5}\text{Cl}$ $^{11}_{23}\text{Na}$ $^{16}_8\text{O}$ ^1_1H

45 UEL 2012 Com base nas informações do texto II, considere as afirmativas a seguir.

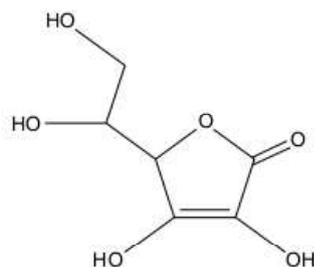
- O volume mínimo de WG que Aylito precisa para obter 45 L de água tratada é de, aproximadamente, 3,6 mL.
- A quantidade de matéria de NaClO presente no frasco de 1 L de WG é de, aproximadamente, 0,034 mol.
- Ao adicionar o volume de uma tampinha de WG ao galão de 45 L, Aylito faz uma diluição, e a quantidade de matéria de $\text{ClO}^-_{(aq)}$ no galão será menor que na tampinha.

IV. Segundo a [Eq.2], no equilíbrio, a velocidade da reação no sentido da formação do $\text{HClO}_{(aq)}$ é igual à velocidade de sua dissociação em $\text{ClO}^-_{(aq)}$.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e II são corretas.
- Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

46 Uerj 2011 Observe, a seguir, a fórmula estrutural do ácido ascórbico, também conhecido como vitamina C.



Para uma dieta saudável, recomenda-se a ingestão diária de $2,5 \cdot 10^{-4}$ mol dessa vitamina, preferencialmente obtida de fontes naturais, como as frutas.

Considere as seguintes concentrações de vitamina C:

- polpa de morango: $704 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$;
- polpa de laranja: $528 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

Um suco foi preparado com 100 mL de polpa de morango, 200 mL de polpa de laranja e 700 mL de água.

A quantidade desse suco, em mililitros, que fornece a dose diária recomendada de vitamina C é:

- 250
- 300
- 500
- 700

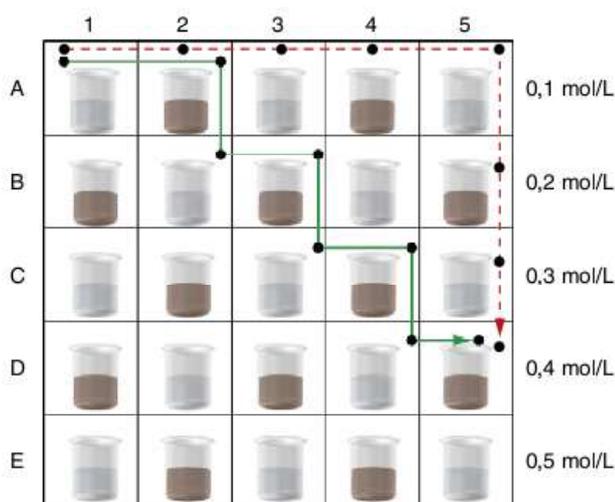
47 Vunesp Foi preparada em laboratório uma solução de ácido clorídrico, dissolvendo-se 0,73 g de cloreto de hidrogênio em água; o volume foi completado até 250 mL. Um volume de 15,0 mL da solução desse ácido foi completamente neutralizado por 25,0 mL de hidróxido de cálcio.

- Calcule a concentração de base, em mol/L.
- Escreva a equação química da reação de neutralização e calcule o número de mols da base que foi neutralizado.

Dados: $\text{H} = 1$; $\text{Cl} = 35,5$.

48 Unicamp “O jogo das soluções”

O quadro a seguir representa uma estante onde há béqueres que contêm o mesmo volume V de solução de HCl ou de NaOH (solução diferenciada pela tonalidade cinza, no desenho). As concentrações, em mol/L, são as mesmas numa mesma linha e estão indicadas ao lado do quadro.



Usando um béquer de volume suficientemente grande, pode-se nele misturar os conteúdos de vários béqueres do quadro.

- Misturando-se todas as soluções que estão no caminho indicado pela linha tracejada, indo da posição A1 até a D5 inclusive, a solução final será ácida ou básica? Explique.
- Qual será a concentração do ácido ou da base na solução final do item a)?
- Misturando-se todas as soluções que estão na sequência indicada pela linha contínua, indo da A1 até a D5 inclusive, qual será o pH da solução final?

49 Vunesp O vinagre comercial contém ácido acético (ácido etanoico). Na titulação de 5,0 mL de vinagre comercial com densidade $1,01 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$, gastou-se 8,4 mL de uma solução 0,40 M de hidróxido de sódio.

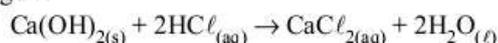
Dados: Massas atômicas: C = 12; H = 1; O = 16; Na = 23.

- Desenhar esquematicamente a montagem do material de vidro essencial para fazer a titulação ácido-base. Dar o nome de cada componente do sistema.
- Escrever a equação da reação que ocorreu. Calcular a porcentagem do ácido acético no vinagre.

50 Vunesp Preparou-se uma solução dissolvendo-se 5,90 gramas de ácido butanodioico (succínico, massa molar $118 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) em 1.000 cm^3 de água. Titulou-se $25,0 \text{ cm}^3$ desta solução com solução de NaOH 0,125 M.

- Calcular a molaridade da solução do ácido succínico preparada.
- Escrever as equações das reações que ocorrem quando o ácido reage parcial e totalmente com a base.
- Calcular o volume de NaOH usado na referida titulação, considerando se todo o ácido for neutralizado.

51 PUC-Rio 2008 Considere a reação de neutralização de hidróxido de cálcio com ácido clorídrico, representada pela equação a seguir:



Faça o que se pede:

- Calcule a quantidade máxima de cloreto de cálcio, em mol, que pode ser obtido quando 0,74 g de hidróxido de cálcio é misturado a 100 mL de solução aquosa de HCl $1,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, onde, na reação, o HCl está em excesso.
- Defina o que é uma base segundo o conceito de Arrhenius. Dados: Ca = 40; O = 16; H = 1.

52 PUC-SP Adicionou-se 100 mL de solução de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 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:

- 0,1 mol/L e 0,2 mol/L
- 0,2 mol/L e 0,1 mol/L
- 0,4 mol/L e 0,2 mol/L
- 0,4 mol/L e 0,1 mol/L
- 0,2 mol/L e 0,4 mol/L

53 FEI Para neutralizar uma alíquota de 25 mL de uma solução de H_2SO_4 foram consumidos 30 mL de solução 0,1 molar de NaOH. A massa de H_2SO_4 contida em 250 mL de solução é: Dados: H = 1; S = 32; O = 16; Na = 23.

- 0,49 g
- 0,98 g
- 1,47 g
- 1,96 g
- 2,94 g

54 Fuvest Vinagre é uma solução aquosa contendo cerca de 6% em massa de ácido acético. Para se determinar a concentração efetiva desse ácido em um dado vinagre, pode-se fazer uma titulação com solução padrão de hidróxido de sódio. Suponha que para tal se use 10,0 mililitros do vinagre e se disponha de uma bureta de 50 mililitros. Para se fazer essa determinação com menor erro possível, a solução de NaOH, de concentração (em mol/litro) mais apropriada é:

Dados: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$; massa molar: CH_3COOH : 60 g/mol; densidade do vinagre = $1,0 \text{ g/mL}$.

- 0,100
- 0,150
- 0,400
- 4,00
- 10,0

55 PUC-Rio 2009 A concentração de HCl, em quantidade de matéria, na solução resultante da mistura de 20 mL de uma solução $2,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ com 80 mL de uma solução $4,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ desse soluto e água suficiente para completar 1,0 L é:

- $0,045 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- $0,090 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- $0,18 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- $0,36 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- $0,72 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

56 Fuvest 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 $0,100 \text{ mol/L}$. Para consumir toda a amônia dessa amostra, foram gastos 25,00 mL do ácido.

Dados: H = 1, N = 14 e Cl = 35,5.

>> Dica da questão 54: O menor erro possível em uma titulação se dá quando utilizamos o volume de líquido na bureta na sua totalidade.

Com base nas informações fornecidas:

	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

57 PUC-SP 2006 Os sais contendo o ânion nitrato (NO_3^-) são muito solúveis em água, independentemente do cátion presente no sistema. Já o ânion cloreto (Cl^-), apesar de bastante solúvel com a maioria dos cátions, forma substâncias insolúveis na presença dos cátions Ag^+ , Pb^{2+} e Hg^{2+} .

Em um béquer foram adicionados 20,0 mL de uma solução aquosa de cloreto de cálcio (CaCl_2) de concentração 0,10 mol/L a 20,0 mL de uma solução aquosa de nitrato de prata (AgNO_3) de concentração 0,20 mol/L.

Após efetuada a mistura, pode-se afirmar que a concentração de cada espécie na solução será:

	$[\text{Ag}^+]$ (mol/L)	$[\text{Ca}^{2+}]$ (mol/L)	$[\text{Cl}^-]$ (mol/L)	$[\text{NO}_3^-]$ (mol/L)
(a)	= 0	0,05	= 0	0,10
(b)	0,20	0,10	0,20	0,20
(c)	0,10	0,05	0,10	0,10
(d)	0,10	0,05	= 0	0,10
(e)	= 0	0,10	= 0	0,20

58 UFV A 100 mL de uma solução 0,6 mol/L de cloreto de bário (BaCl_2) adicionaram-se 100 mL de uma solução 0,4 mol/L de nitrato de bário ($\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$). A concentração dos íons $[\text{Ba}^{2+}]$, $[\text{Cl}^-]$ e $[\text{NO}_3^-]$ presentes na solução final, em mol/L, é:

59 UFRRJ 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.

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

60 UEL Misturam-se 200 mililitros de solução de hidróxido de potássio de concentração 5,0 g/L com 300 mililitros de solução da mesma base com concentração 4,0 g/L. A concentração em g/L da solução final vale:

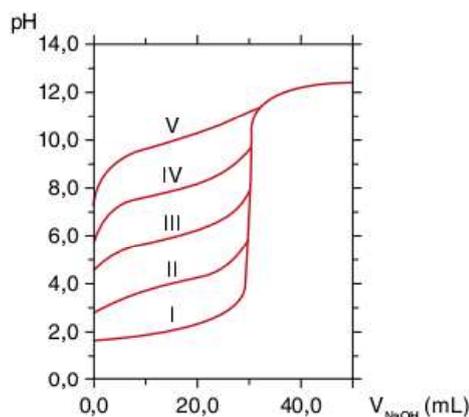
- 0,50
- 1,1
- 2,2
- 3,3
- 4,4

61 UFV 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:

- 1,4
- 2,8
- 4,2
- 5,6
- 4,0

62 ITA 2006 São fornecidas as seguintes informações a respeito de titulação ácido-base:

- A figura mostra as curvas de titulação de 30,0 mL de diferentes ácidos (I, II, III, IV e V), todos a 0,10 mol L⁻¹, com uma solução aquosa 0,10 mol L⁻¹ em NaOH.
- O indicador fenolftaleína apresenta o intervalo de mudança de cor entre pH 8,0 a 10,0, e o indicador vermelho de metila, entre pH 4,0 a 6,0.



Considerando estas informações, é correto afirmar que:

- o indicador vermelho de metila é mais adequado que a fenolftaleína para ser utilizado na titulação do ácido IV.
- o indicador vermelho de metila é mais adequado que a fenolftaleína para ser utilizado na titulação do ácido V.
- o ácido III é mais forte que o ácido II.
- os dois indicadores (fenolftaleína e vermelho de metila) são adequados para a titulação do ácido I.
- os dois indicadores (fenolftaleína e vermelho de metila) são adequados para a titulação do ácido III.

63 Fuvest 2010 Determinou-se o número de moléculas de água de hidratação (x) por molécula de ácido oxálico hidratado ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), que é um ácido dicarboxílico. Para isso, foram preparados 250 mL de uma solução aquosa, contendo 5,04 g de ácido oxálico hidratado. Em seguida, 25,0 mL dessa solução foram neutralizados com 16,0 mL de uma solução de hidróxido de sódio, de concentração 0,500 mol/L.

- Calcule a concentração, em mol/L, da solução aquosa de ácido oxálico.
- Calcule o valor de x.

Massas molares (g/mol)	
H	1
C	12
O	16

Frente 3



4

FRENTE 3

Cinética química

Para que o foguete consiga decolar, é necessário que a massa de gás expelida pelo motor multiplicada pela velocidade da expulsão seja maior que a massa do foguete multiplicada pela velocidade do foguete (conservação da quantidade de movimento). A velocidade em que o combustível e o comburente reagem na câmara de combustão deve ser alta suficiente para produzir um fluxo de gás compatível com a massa do foguete.

Resolução:

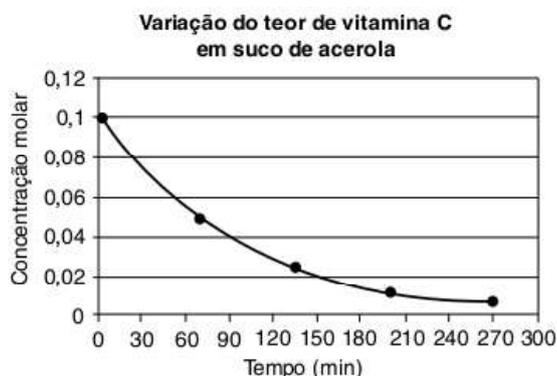
$$\Delta t = t_2 - t_1 = 6 - 4 = 2 \text{ min}$$

$$\Delta[X] = [X]_2 - [X]_1 = 0,190 - 0,200 = -0,010$$

$$v = -\frac{\Delta[X]}{\Delta t} = -\frac{-0,010}{2} = 0,005 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$$

Alternativa C.

2 PUC-RS Uma forma de ingerirmos a vitamina C é através do consumo de sucos de frutas. O suco deve ser consumido logo após ser preparado, pois essa vitamina sofre oxidação e perde sua ação em pouco tempo. O gráfico a seguir apresenta a curva de decomposição da vitamina C, presente no suco de acerola, em função do tempo.



Pela análise do gráfico, é correto afirmar que a velocidade média de decomposição da vitamina C, em mol/L · min, nas duas primeiras horas após o preparo do suco, é de, aproximadamente,

- a) $2,5 \cdot 10^{-4}$ d) $4,0 \cdot 10^{-2}$
 b) $6,0 \cdot 10^{-4}$ e) $7,0 \cdot 10^{-2}$
 c) $3,0 \cdot 10^{-2}$

Resolução:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 120 - 0 = 120 \text{ min}$$

$$\Delta[X] = [X]_2 - [X]_1 = 0,03 - 0,1 = -0,07$$

$$v = -\frac{\Delta[X]}{\Delta t} = -\frac{-0,07}{120} = 5,8 \cdot 10^{-4} \cong 6,0 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$$

Alternativa B.

Velocidade instantânea

Para entender a velocidade instantânea de uma reação, pode-se fazer uma analogia com a velocidade de um carro em uma viagem.

A velocidade média de um carro em uma viagem é a distância percorrida pelo carro dividida pelo tempo que o carro demorou para percorrer essa distância. A velocidade instantânea do carro pode ser obtida a qualquer momento pela observação do valor que o velocímetro marca. Ou seja, o carro pode em dado momento estar a 80 km/h, alguns instantes depois poderá estar a 100 km/h ou ainda parar por alguns momentos. De qualquer forma, a velocidade instantânea é a velocidade do carro no exato momento que se olha o velocímetro.

A velocidade das reações químicas também varia durante o tempo em que elas ocorrem. Como será estudado a seguir, um dos fatores que influenciam a velocidade das reações é a concentração dos reagentes. No decorrer das reações, a concentração dos reagentes diminui, de forma que a velocidade da reação diminui com o passar do tempo.

A velocidade instantânea de uma reação é a inclinação da reta tangente à curva concentração × tempo no ponto desejado. Considere uma reação em que um reagente A se transforma no produto B. No início, a velocidade de formação de B é alta e com o passar do tempo essa velocidade diminui. O gráfico a seguir mostra a velocidade instantânea da reação em três pontos diferentes.

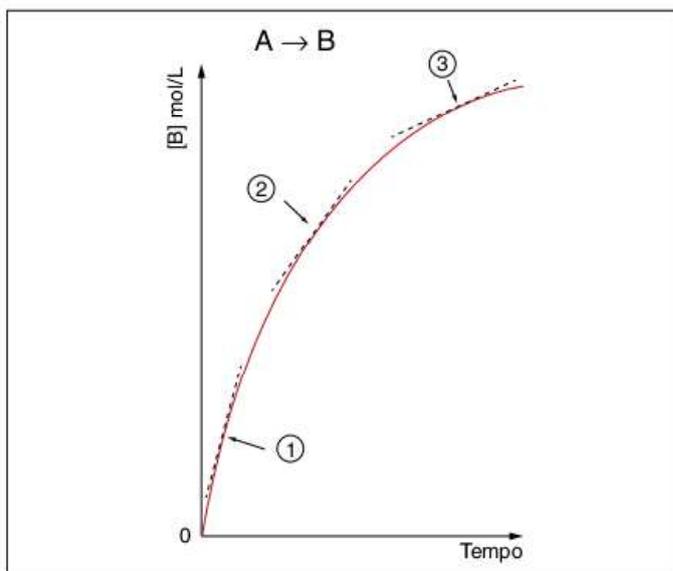


Fig. 1 Variação da concentração de B em função do tempo.

No ponto 1, a velocidade da reação (inclinação da reta pontilhada) é maior do que a velocidade no ponto 2. A velocidade no ponto 2 é maior que a velocidade no ponto 3.

A velocidade instantânea é mais útil que a velocidade média, principalmente na medida da velocidade inicial de uma reação. A seguir serão estudadas maneiras diferentes de se calcular a velocidade instantânea de uma reação.

LEITURA

A velocidade instantânea de uma reação é a variação da concentração de um dos seus componentes em um intervalo de tempo que tende a zero.

Para uma reação $A \rightarrow B$, a velocidade instantânea pode ser calculada como sendo:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{-\Delta[A]}{\Delta t}$$

Matematicamente, esse limite corresponde a uma derivada, de forma que pode se dizer que a velocidade instantânea dessa reação é a derivada da concentração de A em função do tempo:

$$v = -\frac{d[A]}{dt}$$

Cálculos envolvendo limite e derivada não fazem parte do planejamento do Ensino Médio, de forma que o aluno não deve se preocupar com tais assuntos. Existem outras formas de se encontrar a velocidade instantânea das reações conforme veremos a seguir.

Mecanismos das reações (Teoria das colisões)

Há muito tempo se estuda o motivo pelo qual algumas reações são muito rápidas enquanto outras são mais lentas. Mais importante que isso é o conhecimento de como acelerar ou retardar as reações.

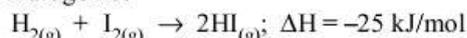
Como vimos anteriormente, para uma reação ocorrer, é necessário que ela seja termodinamicamente favorável. Além disso, é preciso também que os reagentes estejam em contato.

Com base nos estudos dos fatores que alteram a velocidade das reações, os cientistas propuseram uma teoria que busca explicar como cada fator influencia na velocidade, a teoria das colisões.

Segundo a teoria das colisões, a velocidade de uma reação química está relacionada com três fatores:

- **Choque entre as moléculas:** é evidente que para ocorrer uma reação é necessário que os reagentes estejam em contato para que suas moléculas se choquem umas com as outras. A frequência dos choques está entre os fatores que alteram a velocidade das reações. Quanto maior essa frequência, maior será a velocidade das reações. Veremos a seguir o que pode influenciar a frequência dos choques entre as moléculas;
- **Energia do choque:** o choque entre as moléculas deve ser efetivo. Choques com baixa energia são chamados de choques não efetivos. Se não houver energia suficiente em um choque entre moléculas para formar o complexo ativado, não haverá quebra de ligações e a reação não ocorrerá. Essa energia mínima é chamada de energia de ativação;
- **Orientação do choque:** além da energia mínima para que um choque seja efetivo, é necessário também que as moléculas estejam orientadas adequadamente no instante do choque para que se forme o complexo ativado.

Considere a reação de hidrogênio (H_2) e iodo (I_2) formando iodeto de hidrogênio:



Representando os átomos por esferas, imagine que a colisão a seguir ocorreu com energia suficiente e com orientação correta, de forma que a reação se processou:

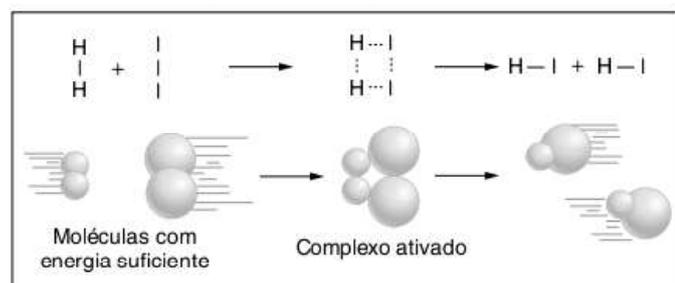


Fig. 2 Reação entre H_2 e I_2

O complexo ativado é uma estrutura intermediária de uma reação. Possui existência bastante breve, alta energia e não pode ser isolado.

Para que essa reação se processe é necessário que o choque entre as moléculas de H_2 e I_2 ocorra com energia suficiente e orientação correta. A figura a seguir ilustra um choque com geometria desfavorável.



Fig. 3 Moléculas de H_2 e I_2 colidindo em geometria desfavorável.

Outro tipo de choque desfavorável é quando a colisão entre as partículas não ocorre frontalmente. Caso as partículas se choquem apenas de “raspão”, é bem provável que a reação não ocorra, pois não haverá condições para se formar o complexo ativado.

A figura a seguir ilustra um choque sem energia suficiente para formar o complexo ativado.

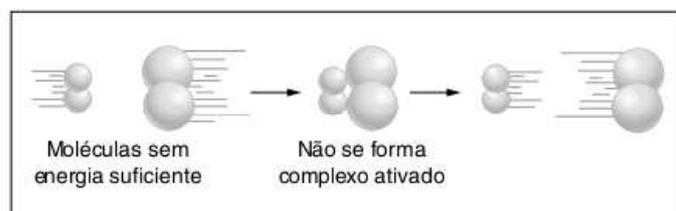


Fig. 4 Moléculas de H_2 e I_2 colidindo sem energia suficiente para formar o complexo ativado.

O complexo ativado de uma reação é uma entidade que possui entalpia sempre mais alta do que os reagentes e produtos. Para a reação de formação de $HI_{(g)}$, temos que o $\Delta H = -25 \text{ kJ}$, portanto a reação é exotérmica. Aprimorando o gráfico de variação de entalpia visto no capítulo de termoquímica, podemos mostrar as etapas da reação de formação do $HI_{(g)}$ como se segue:

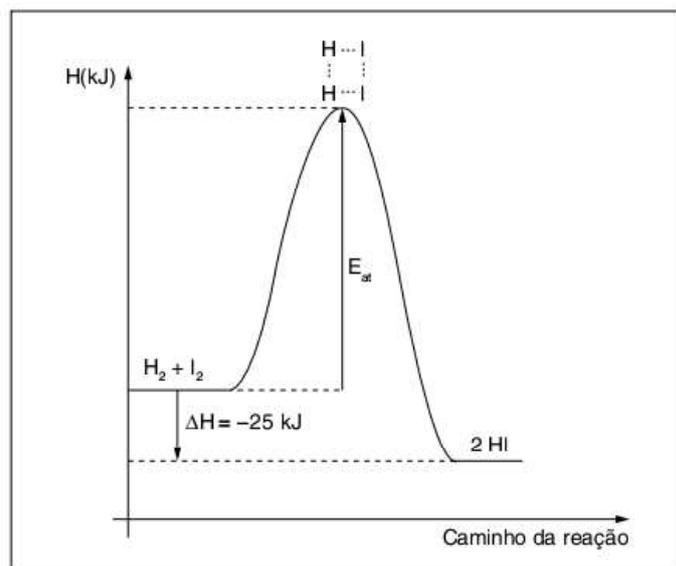


Fig. 5 Etapas de formação do $HI_{(g)}$

ATENÇÃO!

A reação entre hidrogênio e iodo para formar iodeto de hidrogênio foi cuidadosamente escolhida para ilustrar a teoria das colisões. Essa reação possui mecanismo bastante simples, pois ocorre em apenas uma etapa. Reações desse tipo são chamadas de elementares e possuem um comportamento previsível. A maioria das reações químicas tem mecanismos mais complexos, pois ocorrem em várias etapas ou reações elementares sucessivas.

Energia de ativação

Conforme vimos na teoria das colisões, a velocidade das reações está relacionada a três fatores: choque entre as moléculas, energia do choque e orientação do choque. Dos três fatores, a energia do choque é o único que depende da energia das moléculas, e não apenas da frequência de choques.

É de conhecimento geral que as reações químicas ocorrem mais rapidamente em altas temperaturas. Por exemplo, sabe-se que o leite azeda mais rapidamente se armazenado em temperatura ambiente ao invés de refrigerado, que o feijão cozinha mais rápido na panela de pressão do que em panela comum e que o pão antes de ir para o forno demora mais para crescer no inverno do que no verão.

Não é difícil entender por que isso ocorre. A energia térmica refere-se diretamente à velocidade das moléculas. Conforme a temperatura aumenta, as moléculas se movem mais rapidamente e colidem de forma mais vigorosa, aumentando grandemente a probabilidade de clivagem de suas ligações.

A maioria das reações envolvendo moléculas neutras não ocorre até que tenham adquirido a energia necessária para esticar, dobrar ou distorcer uma ou mais ligações. Esta energia crítica é conhecida como a energia de ativação da reação.

Gráficos ilustrando a energia de ativação podem descrever tanto reações exotérmicas como reações endotérmicas.

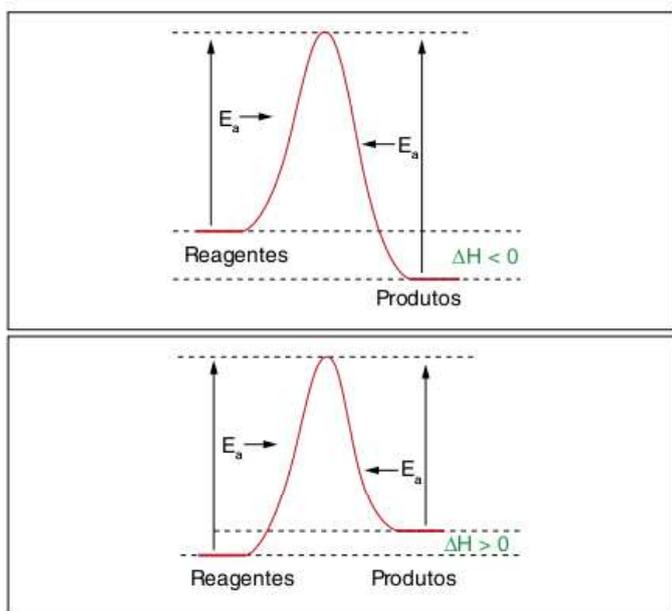


Fig. 6 Gráficos de energia de ativação de reações exotérmicas e endotérmicas.

A energia de ativação de uma reação pode ser alta, pequena ou zero e, claro, depende da variação de energia da reação (ΔH).

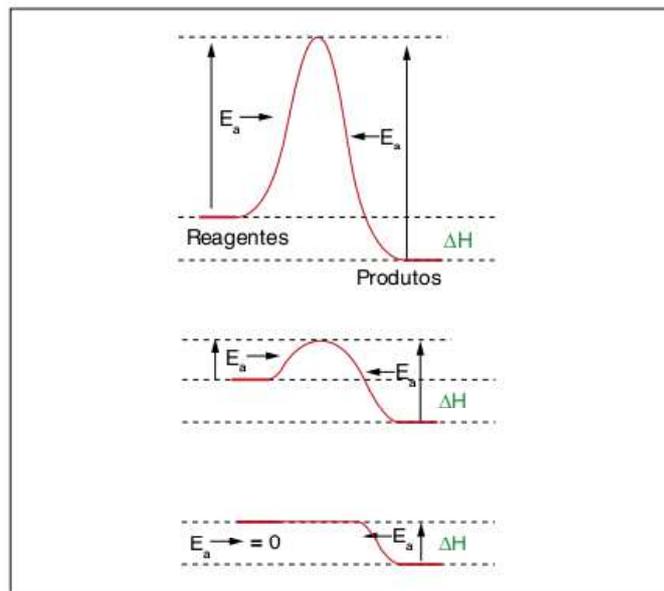


Fig. 7 Gráficos de energia de ativação alta, baixa e zero.

Reações com energia de ativação alta são lentas, enquanto baixas energias de ativação conduzem a reações mais rápidas.

LEITURA

Os processos mais comuns que possuem energia de ativação zero são aqueles envolvendo a combinação de íons opostamente carregados ou o emparelhamento de elétrons em radicais livres, como na dimerização do óxido nítrico, o qual é uma molécula com número ímpar de elétrons.

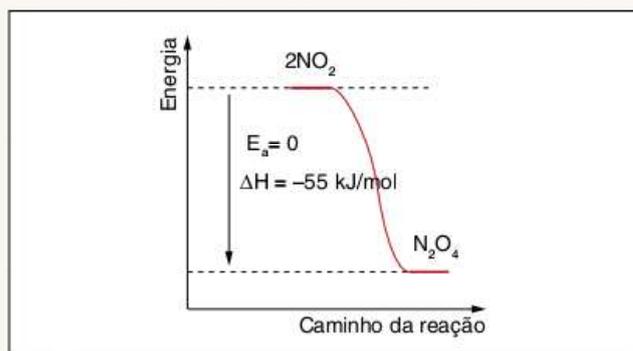


Fig. 8 Gráfico de energia de ativação da reação de dimerização do NO_2 .

Com algumas exceções para processos muito simples, diagramas de energia de ativação são construções conceituais com base em modelos padrões de colisão para as reações químicas. Não nos aprofundaremos nesse assunto.

Exercício resolvido

3 Ufal Para a reação química representada por



X = complexo ativado

foi obtida a curva da energia potencial em função do caminho da reação (coordenada da reação ou avanço).

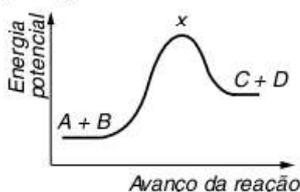


Complete este diagrama parcial indicando:

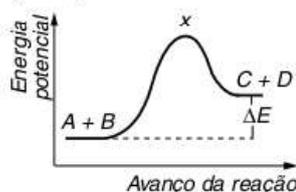
- posição de reagentes, produtos e complexo ativado;
- energia de ativação, E_a ;
- energia liberada ou absorvida na reação, ΔE .

Resolução:

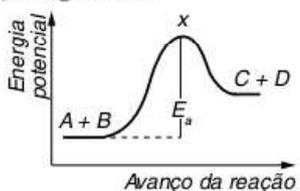
a) Diagrama 1:



c) Diagrama 3:



b) Diagrama 2:



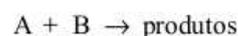
Fatores que alteram a velocidade das reações

As velocidades de reação sofrem grandes alterações em decorrência da alteração de alguns fatores macroscópicos. Essas mudanças promoverão alterações microscópicas em relação à frequência de choques e/ou à energia dos choques, de forma que irão alterar a velocidade da reação.

Concentração dos reagentes

Quanto maior a concentração dos reagentes, maior é a velocidade de uma reação. Concentração maior implica na existência de mais moléculas ocupando um mesmo espaço, dessa forma a frequência de choques entre os reagentes irá aumentar. Com isso, aumenta também a probabilidade de ocorrer choques efetivos. Aqui se explica por que a velocidade das reações diminui conforme passa o tempo. Conforme o reagente é consumido, a sua concentração diminui também.

Considere uma reação química genérica:



A lei da velocidade de reação pode ser escrita como sendo:

$$v = k[A]^x \cdot [B]^y$$

Em que:

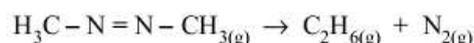
- v = velocidade da reação em dado instante;
- k = constante de proporcionalidade (depende da temperatura e energia de ativação);
- [A] = concentração de A naquele instante;
- [B] = concentração de B naquele instante;
- x e y = expoentes que devem ser determinados experimentalmente.

À soma de x e y é atribuído o nome de **ordem da reação**. Por exemplo, observe a ordem da reação para as seguintes equações de velocidade:

$v = k[A] \Rightarrow$	Primeira ordem.
$v = k[A] \cdot [B] \Rightarrow$	Primeira ordem em relação a A, primeira ordem em relação a B. Reação global: segunda ordem.
$v = k[A] \cdot [B]^2 \Rightarrow$	Primeira ordem em relação a A, segunda ordem em relação a B. Reação global: terceira ordem.

Para encontrarmos os expoentes das concentrações para a equação da velocidade de uma reação, geralmente analisa-se a velocidade instantânea da reação em diferentes concentrações.

Considere a reação de decomposição do azometano:



Essa reação foi repetida três vezes alterando-se apenas a concentração dos reagentes e mantendo todas as demais condições reacionais idênticas (Tab. 1).

Concentração inicial de azometano em mol/L	Velocidade inicial em mol/L . min
$2,0 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$
$4,0 \cdot 10^{-2}$	$6,4 \cdot 10^{-4}$
$8,0 \cdot 10^{-2}$	$12,8 \cdot 10^{-4}$

Tab. 1 Dados obtidos no estudo cinético da decomposição do azometano.

Observe que, quando a reação é iniciada com o dobro da concentração de azometano, a velocidade inicial da reação é duas vezes maior. Ao dobrar novamente a concentração de azometano, a velocidade inicial da reação dobra novamente. Assim pode-se concluir que a velocidade dessa reação é diretamente proporcional à concentração do azometano. Portanto, a expressão matemática da velocidade dessa reação é:

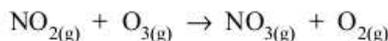
$$v = k[C_2H_6N_2]$$

Com os dados fornecidos na tabela, é possível também calcular o valor de k para essa reação, observe:

$$v = k[C_2H_6N_2] \quad \therefore k = \frac{v}{[C_2H_6N_2]} = \frac{3,2 \cdot 10^{-4}}{2,0 \cdot 10^{-2}} \quad \therefore$$

$$\therefore k = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$$

Considere agora outra reação:



Da mesma forma que a anterior, essa reação foi repetida três vezes alterando-se apenas a concentração dos reagentes e mantendo todas as demais condições reacionais idênticas (Tab. 2).

Concentração inicial de $NO_{2(g)}$ em mol/L	Concentração inicial de $O_{3(g)}$ em mol/L	Velocidade inicial em mol/L · s
$2,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$
$5,0 \cdot 10^{-5}$ → 2x	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$ → 2x
$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$ → 2x	$4,4 \cdot 10^{-2}$ → 2x

Tab. 2 Dados obtidos no estudo cinético da reação entre $NO_{2(g)}$ e $O_{3(g)}$.

Observe que, quando a reação é iniciada com o dobro da concentração de NO_2 , a velocidade inicial da reação é duas vezes maior. Da mesma forma, quando a reação é iniciada com o dobro da concentração de O_3 , a velocidade inicial da reação dobra novamente. Assim pode-se concluir que a velocidade dessa reação é diretamente proporcional às concentrações dos reagentes. Portanto, a expressão matemática da velocidade dessa reação é:

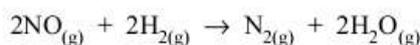
$$v = k[NO_2] \cdot [O_3]$$

Nesse caso também é possível calcular o valor de k , observe:

$$v = k[NO_2][O_3] \quad \therefore k = \frac{v}{[NO_2][O_3]} =$$

$$= \frac{1,1 \cdot 10^{-2}}{2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 1,0 \cdot 10^{-5}} \quad \therefore k = 4,4 \cdot 10^7 \frac{L}{\text{mol} \cdot \text{s}}$$

Considere agora um terceiro caso:



Novamente, a reação foi repetida três vezes alterando-se apenas a concentração dos reagentes e mantendo todas as demais condições reacionais idênticas (Tab. 3).

Concentração inicial de $NO_{(g)}$ em mol/L	Concentração inicial de $H_{2(g)}$ em mol/L	Velocidade inicial em mol/L · s
0,1	0,1	$1,23 \cdot 10^{-3}$
0,1	0,2 → 2x	$2,46 \cdot 10^{-3}$ → 2x
0,2 → 2x	0,2	$9,84 \cdot 10^{-3}$ → 4x

Tab. 3 Dados obtidos no estudo cinético da reação entre $NO_{(g)}$ e $H_{2(g)}$.

Assim como nos experimentos anteriores, quando a reação é iniciada com o dobro da concentração de H_2 , a velocidade inicial da reação é duas vezes maior, o que nos permite concluir que a velocidade da reação é proporcional à concentração de H_2 .

No entanto, quando a reação é iniciada com o dobro da concentração de NO , a velocidade inicial da reação quadruplica. Nesse caso, pode-se concluir que a velocidade dessa reação é proporcional ao quadrado da concentração do NO . Portanto, a expressão matemática da velocidade dessa reação é:

$$v = k[NO]^2 \cdot [H_2]$$

Calculando o valor de k para esse experimento, temos:

$$v = k[NO]^2 \cdot [H_2] \quad \therefore k = \frac{v}{[NO]^2 \cdot [H_2]} = \frac{1,23 \cdot 10^{-3}}{(0,1)^2 \cdot 0,1} \quad \therefore$$

$$\therefore k = 1,23 \frac{L^2}{\text{mol}^2 \cdot \text{s}}$$

Exercício resolvido

4 Considere a seguinte reação genérica:



A partir de observações em laboratório, foi construída a seguinte tabela:

[A] em mol/L	[B] em mol/L	Velocidade inicial em mol/L · s
0,1	0,1	$1,8 \cdot 10^{-4}$
0,2	0,1	$3,6 \cdot 10^{-4}$
0,2	0,2	$2,88 \cdot 10^{-3}$

A partir dessa tabela, determine a lei da velocidade para essa reação.

Resolução

A equação genérica dessa reação pode ser escrita como sendo:

$$v = k[A]^x \cdot [B]^y$$

Observando a tabela, tem-se que:

[A] em mol/L	[B] em mol/L	Velocidade inicial em mol/L · s
0,1	0,1	$1,8 \cdot 10^{-4}$
0,2 → 2x	0,1	$3,6 \cdot 10^{-4}$ → 2x
0,2	0,2 → 2x	$2,88 \cdot 10^{-3}$ → 8x

Ao dobrar a concentração de A, a velocidade da reação dobra, então:

$$2^x = 2 \quad \therefore x = 1$$

Ao dobrar a concentração de B, a velocidade da reação fica oito vezes maior, então:

$$2^y = 8 \quad \therefore y = 3$$

Portanto, a lei da velocidade dessa reação é:

$$v = k[A] \cdot [B]^3$$

Pressão dos reagentes

Existem três formas de se aumentar a pressão de uma mistura gasosa sem aumentar a temperatura:

- 1 – Diminuir o volume do recipiente.
- 2 – Aumentar a quantidade de gases da mistura.
- 3 – Introduzir um gás diferente da mistura.

Nos dois primeiros casos, o aumento de pressão é acompanhado do aumento da concentração dos gases da mistura, de forma que o mesmo raciocínio de aumento da velocidade da reação pelo aumento da concentração pode ser aplicado.

Porém, se o aumento de pressão for obtido pela introdução de um gás inerte à reação, a velocidade da reação não sofrerá alteração. Nesse caso, observe que não há aumento da concentração dos gases da reação, pois a introdução de um gás inerte não aumenta as pressões parciais dos gases preexistentes, assim não há aumento do choque entre as moléculas dos reagentes.

Aumento da pressão só altera a velocidade de reações em que existam reagentes gasosos. No caso dos reagentes serem todos líquidos e/ou sólidos, seria necessário aumentos brutais de pressão para que a velocidade sofra alteração.

Temperatura

O aumento da temperatura aumenta a energia cinética das moléculas. Isso faz com que aumente a frequência dos choques entre as moléculas e, principalmente, aumente o número de choques de moléculas com energia de ativação suficiente.

Na maioria dos casos, as reações dependem de ativação térmica para ocorrer. O principal fator que precisa ser considerado é a fração de moléculas que possuem energia cinética suficiente para reagir a dada temperatura.

De acordo com a teoria cinética molecular, a população de moléculas em dada temperatura é distribuída ao longo de uma variedade de energias cinéticas que é descrita pela lei de distribuição de Maxwell-Boltzmann. Observe o gráfico a seguir.

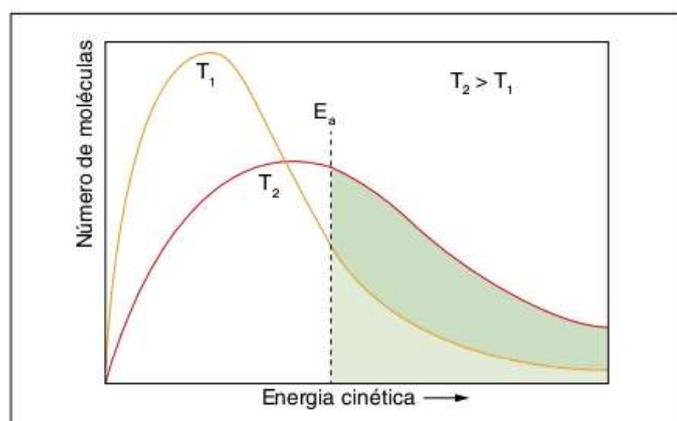


Fig. 9 Gráfico da distribuição de moléculas em função da energia cinética em duas temperaturas.

As duas curvas de distribuição mostradas no gráfico são para as duas temperaturas T_1 (temperatura mais baixa) e T_2 (temperatura mais alta). A área sob cada curva representa o número

total de moléculas. As regiões sombreadas indicam o número de moléculas com energia acima daquela ditada pelo valor da energia de ativação E_a . É claro, a partir desses gráficos, que a fração de moléculas cuja energia cinética excede a energia de ativação aumenta muito à medida que a temperatura é elevada.

Esse é o motivo pelo qual virtualmente todas as reações químicas são mais rápidas a temperaturas mais elevadas.

Superfície de contato

No caso de reações em que os reagentes são sólidos, a superfície de contato entre os reagentes torna-se um fator muito importante na velocidade da reação. Nas mesmas condições reacionais, quanto mais fragmentados estiverem os reagentes, maior será a velocidade da reação.

Por exemplo, os antiácidos efervescentes estão disponíveis no mercado na forma de pó e na forma de pastilhas. Quando colocados em água, nota-se claramente que o antiácido na forma de pó reage mais rapidamente que na forma de pastilha.



Fig. 10 Antiácidos efervescentes reagindo.

Considerando os mesmos reagentes, as reações que ocorrem no estado gasoso são mais rápidas do que as que ocorrem no estado líquido, e estas são mais rápidas que as que ocorrem no estado sólido. A razão para isso é que a energia das moléculas cresce no sentido sólido < líquido < gasoso, além do que a mobilidade maior dos reagentes nos líquidos é maior ainda nos gases, aumentando muito a frequência dos choques.

Catalisador

Uma mistura de H_2 e O_2 gasosos pode coexistir indefinidamente sem qualquer reação detectável, mas, se um fio de platina é aquecido e em seguida imerso na mistura gasosa, a reação prossegue suavemente. O calor liberado pela reação faz com que o fio se torne incandescente. A platina nesse caso funciona como catalisador da reação.

Catalisadores desempenham um papel fundamental na nossa economia industrial moderna, em nossa gestão do ambiente e em todos os processos biológicos.

Catalisadores são substâncias que aceleram uma reação, mas que não são consumidos por ela e não aparecem na equação de reação líquida. Além disso, afetam a velocidade tanto da reação direta quanto da reação inversa, o que significa que os catalisadores não têm efeito sobre a constante de equilíbrio, conforme será estudado mais adiante.

Como funcionam os catalisadores?

Eles funcionam permitindo que reações ocorram por intermédio de mecanismos alternativos, que requerem energias de ativação menores. Essa conversão realiza-se por uma interação específica entre o catalisador e os componentes da reação.

Simplificadamente, pode se representar a ação de um catalisador pelo seguinte gráfico:

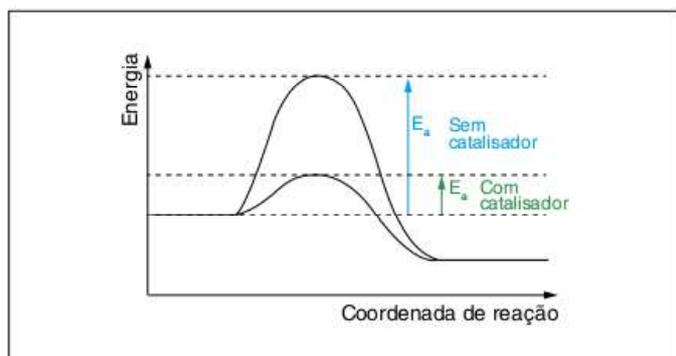


Fig. 11 Gráfico da energia de ativação de uma reação com e sem catalisador.

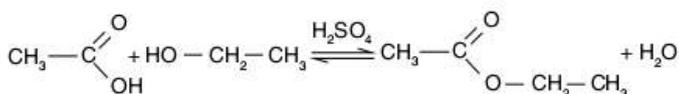
Como pode ser observado no gráfico, o catalisador não interfere no ΔH da reação, apenas altera o valor da energia de ativação, tanto no sentido direto quanto no sentido inverso da reação.

A catálise de reações é convencionalmente dividida em duas categorias: catálise homogênea e catálise heterogênea.

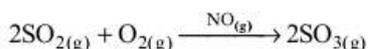
Catálise homogênea

Quando o catalisador e os reagentes estão em uma mesma fase, formando um sistema homogêneo, a catálise é dita homogênea.

Exemplos de catálise homogênea:



Nesse caso, o ácido sulfúrico age como catalisador. A mistura ácido acético, álcool e ácido sulfúrico forma uma única fase.

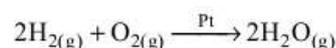


Nessa outra reação, o catalisador e os reagentes são gases, formando, portanto, uma única fase.

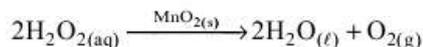
Catálise heterogênea

Quando o catalisador está em fase diferente dos reagentes da reação, formando um sistema heterogêneo, a catálise é dita heterogênea.

Exemplos de catálise heterogênea:



Nessa reação, a platina no estado sólido catalisa a reação entre os gases hidrogênio e oxigênio, formando um sistema heterogêneo.

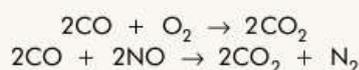


Nessa reação, a decomposição da água oxigenada aquosa é catalisada pelo MnO_2 sólido, formando um sistema heterogêneo.

LEITURA

Os catalisadores de automóveis são dispositivos obrigatórios nos carros como aliados no combate à poluição. Corretamente nomeados como catalisadores, estes dispositivos são construídos de forma a forçar a passagem dos gases do escapamento por uma espécie de “colmeia metálica” contendo metais como irídio, ródio, paládio entre outros. Esses metais catalisam uma série de reações complexas que transformam gases tóxicos, como o CO e o NO, em gases não tóxicos, como o CO_2 e N_2 , diminuindo assim a poluição em grandes centros urbanos.

Algumas das reações que ocorrem nesses dispositivos são:



Essas reações são exotérmicas, de forma que os catalisadores tendem a alcançar temperaturas elevadas quando estão em funcionamento.



Fig. 12 Catalisador com corte lateral.

Enzimas

Enzimas são catalisadores biológicos naturais. Muitas vezes são incluídas no grupo de catálise homogênea, mas às vezes compartilham propriedades da catálise heterogênea e muitas vezes apresentam propriedades muito especiais.

São proteínas que possuem função catalítica altamente específica, ou seja, para cada reação existe uma enzima específica. No caso de reações catalisadas por enzimas, os reagentes são denominados substratos. O substrato deve se encaixar na região da enzima denominada sítio ativo, formando um complexo enzima-substrato. Esse encaixe orienta corretamente o choque entre as moléculas e enfraquece as ligações químicas envolvidas na reação, de forma que a energia de ativação para a reação fica substancialmente menor.

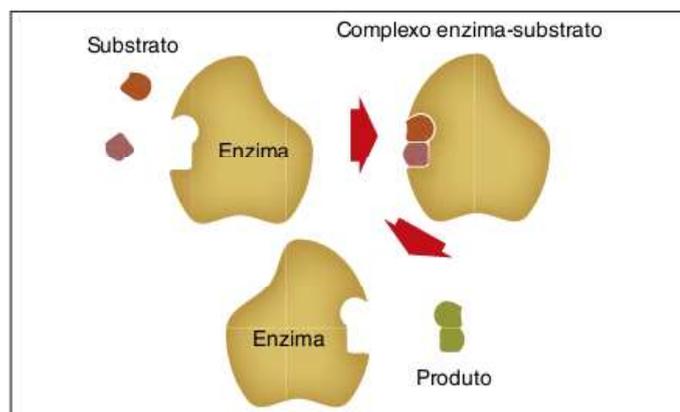


Fig. 13 Catálise enzimática.

Como o substrato deve se encaixar perfeitamente na enzima (conceito chave-fechadura), o formato tridimensional de uma enzima é fundamental para o funcionamento da catálise. Caso a enzima saia do seu formato tridimensional natural – sofra desnaturação –, o poder de catálise cai bruscamente. Por isso, a velocidade de uma reação catalisada por enzima aumenta com a elevação da temperatura até o ponto em que a enzima começa a desnaturar, daí em diante a velocidade da reação diminui.

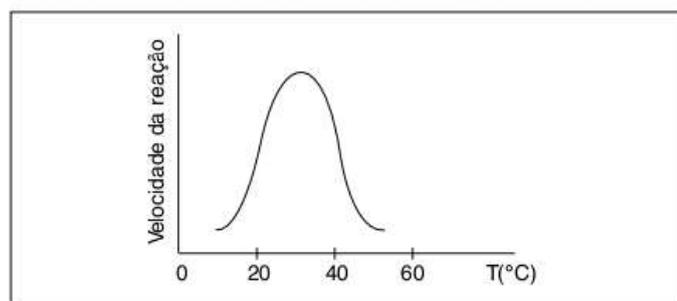


Fig. 14 Velocidade de uma reação catalisada por enzima × aumento da temperatura.

Lei da ação das massas

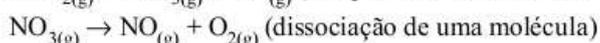
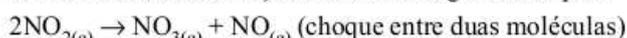
Vimos que a velocidade das reações é sempre proporcional à concentração dos reagentes e que, baseado em experimentos com diferentes concentrações, é possível determinar a fórmula da velocidade instantânea da reação. Surge agora uma questão: é possível determinar a fórmula da velocidade de uma reação sem realizar os experimentos? A resposta é sim, desde que se conheça o mecanismo da reação.

O mecanismo de uma reação química é a sequência de acontecimentos reais que acontece com as moléculas reagentes até serem convertidas em produtos. Cada um desses eventos constitui um passo ou uma etapa fundamental que pode ser representado como o resultado de colisão ou como a dissociação de uma molécula. A entidade molecular resultante de cada passo pode ser um produto final da reação ou pode ser um intermediário – uma espécie que é criada em um passo e destruída no passo subsequente –, portanto, não aparece na equação da reação global.

Exemplificando um mecanismo, considere a decomposição do dióxido de nitrogênio em óxido nítrico e oxigênio. A equação balanceada é:



O mecanismo dessa reação envolve as seguintes etapas:



Observe que o NO_3 é uma espécie intermediária e não aparece na equação global.

Cada uma dessas etapas é chamada de passo elementar ou reação elementar. A reação global é, portanto, não elementar.

Algumas reações ocorrem em uma única etapa e são chamadas de reações elementares, mas, sem uma profunda investigação experimental, é muito difícil dizer que uma reação é elementar apenas pela equação final.

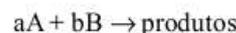
Reações elementares

Em última instância, o mecanismo de uma reação deve ser entendido como sendo a descrição passo a passo dos eventos em nível molecular que levam os reagentes aos produtos. Estes passos elementares (também chamados de reações elementares) são quase sempre muito simples e envolvem uma, duas, ou raramente três espécies químicas que são classificadas, respectivamente, como:

- Unimolecular (tipo mais comum): $A \rightarrow \text{produtos}$
- Bimolecular: $A + B \rightarrow \text{produtos}$
- Termolecular (muito raro): $A + B + C \rightarrow \text{produtos}$

A lei da velocidade de uma reação elementar pode ser escrita pela simples análise da reação. Por exemplo, uma reação bimolecular será sempre de segunda ordem ($v = k[A][B]$).

Portanto, para reações ditas elementares do tipo:



a lei da velocidade de reação pode ser escrita como sendo:

$$v = k[A]^a \cdot [B]^b$$

em que:

- v = velocidade da reação em dado instante;
- k = constante de proporcionalidade (depende da temperatura e energia de ativação);
- $[A]$ = concentração de A naquele instante;
- $[B]$ = concentração de B naquele instante;
- a e b = número de moléculas que se chocam simultaneamente.

LEITURA

Entre 1863 e 1879, os químicos noruegueses Cato Maximilian Guldberg e seu cunhado Peter Waage estudaram uma grande série de reações, confirmando experimentalmente que essa lei era correta para maioria delas. A partir daí, a equação ficou conhecida como *Lei de Guldberg e Waage* ou *lei da ação das massas*.



Fig. 15 Os químicos noruegueses Cato Maximilian Guldberg e Peter Waage.

Exercício resolvido

5 Considerando que a reação $\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{3(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ é uma reação elementar, responda o que se pede:

- Qual a equação da velocidade dessa reação?
- Qual a nova velocidade se duplicarmos as concentrações do NO e do O_3 , mantendo constante a temperatura?

Resolução:

a) Como a reação é elementar, a equação da velocidade será:

$$v = k[\text{NO}] \cdot [\text{O}_3]$$

b) A nova velocidade (v_x) será:

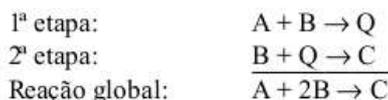
$$v_x = k \cdot 2 \cdot [\text{NO}] \cdot 2 \cdot [\text{O}_3] \quad \therefore \quad v_x = 4 \cdot k[\text{NO}] \cdot [\text{O}_3]$$

$$\frac{v_x}{4} = k[\text{NO}] \cdot [\text{O}_3] = v \quad \therefore \quad v_x = 4 \cdot v$$

Portanto, a velocidade quadruplicará.

Reações em diversas etapas

Mecanismos em que os passos são reações elementares consecutivas são muito comuns.



Nesse exemplo, a espécie Q é um intermediário, geralmente instável ou altamente reativo.

Se as duas etapas ocorrerem com velocidades similares, a lei da velocidade da reação global pode ser escrita como sendo:

$$v = k[\text{A}] \cdot [\text{B}]^2$$

Observe que o intermediário Q não aparece na equação e, coincidentemente, a equação da velocidade de reação obedece à lei de ação das massas. Deve-se ter em mente que essa situação não é a mais comum.

Quando as velocidades das etapas diferem entre si, a equação da velocidade pode se tornar bastante complicada. Os expoentes poderão ser números fracionários, zero e até negativo. No entanto, quase sempre será possível simplificar a equação por meio de algumas aproximações.

Etapa determinante da velocidade

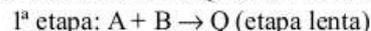
Quando as constantes de velocidade de uma série de reações consecutivas são bastante diferentes, entram em jogo relações que simplificam grandemente a cinética observada.

Geralmente, em uma sequência de etapas de reações elementares, uma das reações é muito mais lenta que as demais, o que causa um efeito de reduzir a velocidade de todas as reações – parecido com o que ocorre quando se forma uma fila de carros atrás de um caminhão lento em uma subida. Em outras palavras, em uma reação de múltiplas etapas (não elementar), a velocidade da reação global é igual à velocidade da etapa mais lenta da reação.

Considere a reação genérica a seguir:



Suponha que o mecanismo dessa reação envolva duas etapas e o intermediário Q da forma como se segue:



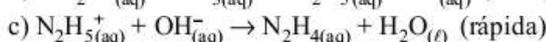
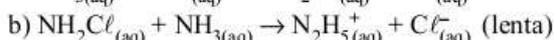
Como cada uma das etapas é uma reação elementar, pode se dizer que a equação da velocidade para essa reação genérica é:

$$v = k[\text{A}] \cdot [\text{B}]$$

que corresponde à equação de velocidade pela lei da ação das massas para a reação elementar da 1ª etapa.

Exercícios resolvidos

6 Unirio A hidrazina, N_2H_4 , é utilizada, junto com alguns dos seus derivados, como combustível sólido nos ônibus espaciais. Sua formação ocorre em várias etapas:



Indique a opção que contém a expressão de velocidade para a reação de formação de hidrazina.

a) $v = k[\text{NH}_2\text{C}^-][\text{NH}_3]$

b) $v = k[\text{NH}_3][\text{OC}^-]$

c) $v = k[\text{NH}_3]^2[\text{OC}^-]$

d) $v = k[\text{N}_2\text{H}_4][\text{C}^-][\text{H}_2\text{O}]$

e) $v = k[\text{N}_2\text{H}_5^+][\text{OH}^-]$

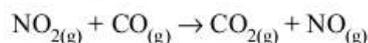
Resolução:

A etapa lenta determina a velocidade da reação, portanto, aplicando a lei de ação das massas para a etapa lenta da reação, tem-se:

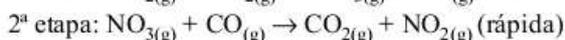
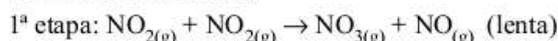
$$v = k[\text{NH}_2\text{C}^-][\text{NH}_3]$$

Alternativa A.

7 PUC-MG A reação:



ocorre em duas etapas:



A lei da velocidade para a reação é:

a) $v = k[\text{NO}_2]^2$

b) $v = k[\text{NO}_2]^2[\text{CO}]$

c) $v = k[\text{NO}_3][\text{CO}]$

d) $v = k[\text{NO}_2][\text{CO}]$

e) $v = k[\text{CO}_2]^2[\text{NO}]$

Resolução:

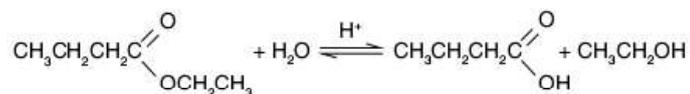
A etapa lenta determina a velocidade da reação, portanto, aplicando a lei de ação das massas para a etapa lenta da reação, tem-se:

$$v = k[\text{NO}_2]^2$$

Alternativa A.

Revisando

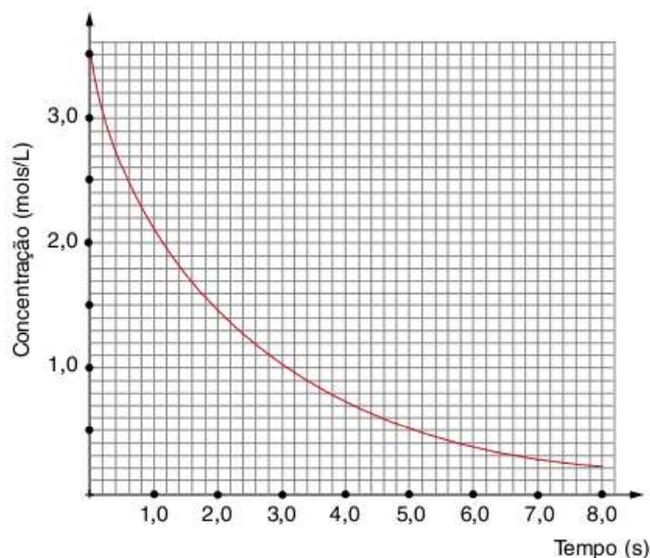
1 Unirio (Adapt.) O butanoato de etila, utilizado para conferir o aroma artificial de abacaxi, reage da seguinte forma em solução ácida:



Tempo (min)	[éster]
0,0	0,20
1,0	0,18
2,0	0,12
3,0	0,10

Durante a experiência, a concentração de butanoato de etila varia com o tempo, de acordo com os dados da tabela anterior. Determine a velocidade média da hidrólise do éster após 2 minutos da reação.

2 O gráfico a seguir descreve a variação da concentração de $\text{I}_{2(g)}$ em mol/L em função do tempo:



a) O iodo é reagente ou produto da reação? Justifique.

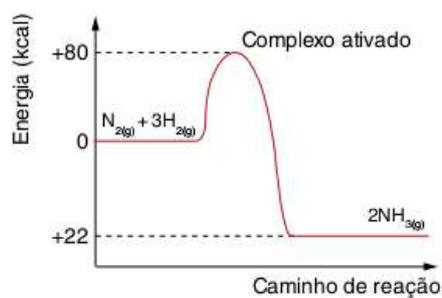
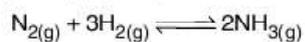
b) Determine a velocidade da reação:

b1) de 0 a 1 s;

b2) de 1 s a 3 s;

b3) de 5 s a 8 s.

3 Considere o gráfico da reação representada pela equação química:



Relativo ao gráfico envolvendo essa reação, calcule o que se pede:

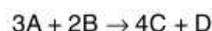
a) ΔH da reação direta.

b) ΔH da reação inversa.

c) Energia de ativação da reação direta.

d) Energia de ativação da reação inversa.

4 Considere a seguinte reação genérica não elementar:

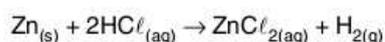


A partir de observações em laboratório, foi feita a seguinte tabela:

[A]	[B]	Velocidade da reação em mol/L . s
0,1	0,1	$1,8 \cdot 10^{-4}$
0,2	0,1	$3,6 \cdot 10^{-4}$
0,2	0,2	$1,44 \cdot 10^{-3}$

A partir da tabela, determine a lei da velocidade para essa reação.

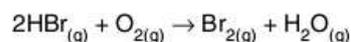
5 A tabela a seguir mostra situações experimentais diferentes realizadas por um estudante sobre a reação de ácido clorídrico com zinco.



Experimento	Forma do Zn	Conc. ácido (mol/L)	Temperatura (°C)
1	Barra	0,2	60
2	Pó	0,5	60
3	Barra	0,5	60
4	Pó	0,2	20
5	Barra	0,2	20
6	Pó	0,5	20

Em qual dos experimentos a reação se processou mais rapidamente? Justifique sua escolha.

6 UFRJ (Adapt.) A oxidação do brometo de hidrogênio descrita pela reação a seguir ocorre em três etapas:



1ª etapa: $\text{HBr}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{HOBr}_{(g)}$ (lenta)

2ª etapa: $\text{HBr}_{(g)} + \text{HOBr}_{(g)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ (rápida)

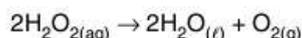
3ª etapa: $\text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{HBr}_{(g)} \rightarrow \text{Br}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ (rápida)

Escreva a expressão da velocidade dessa reação.

Exercícios propostos

Velocidade média

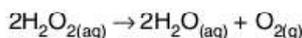
1 PUC-MG 2007 Durante a decomposição da água oxigenada, ocorre a formação de água e oxigênio, de acordo com a equação:



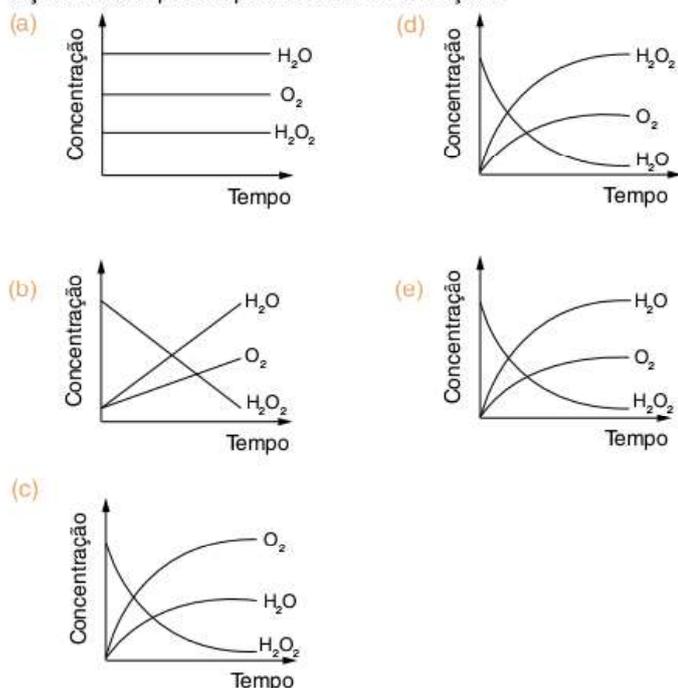
Se a velocidade de liberação de oxigênio é $1 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$, a velocidade de consumo da água oxigenada em $\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ é:

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

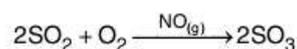
2 UFG 2012 A água oxigenada comercial é uma solução de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que pode ser encontrada nas concentrações de 3, 6 ou 9% (m/v). Essas concentrações correspondem a 10, 20 e 30 volumes de oxigênio liberado por litro de H_2O_2 decomposto. Considere a reação de decomposição do H_2O_2 apresentada a seguir:



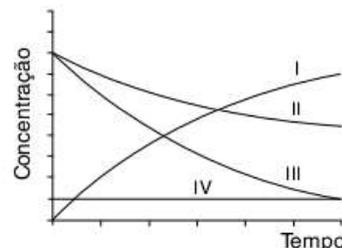
Qual gráfico representa a cinética de distribuição das concentrações das espécies presentes nessa reação?



3 UFSCar 2006 Um dos produtos envolvidos no fenômeno da precipitação ácida, gerado pela queima de combustíveis fósseis, envolve o SO_2 gasoso. Ele reage com o O_2 do ar, numa reação no estado gasoso catalisada por monóxido de nitrogênio, NO . No processo, é gerado SO_3 , segundo a reação global representada pela equação química balanceada:



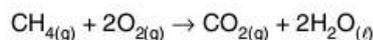
No gráfico a seguir estão representadas as variações das concentrações dos componentes da reação em função do tempo de reação, quando a mesma é estudada em condições de laboratório, em recipiente fechado contendo inicialmente uma mistura de SO_2 , O_2 e NO gasosos.



As curvas que representam as concentrações de SO_2 , SO_3 , O_2 e NO são, respectivamente:

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

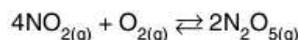
4 UFC 2010 Metano (CH_4) é o gás produzido a partir da biomassa, e a sua queima na indústria, para obtenção de energia térmica, corresponde à seguinte reação:



Se a velocidade de consumo do metano é $0,01 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$, assinale a alternativa que corretamente expressa o número de moles de CO_2 produzido durante uma hora de reação.

- (a) 0,3
- (b) 0,4
- (c) 0,5
- (d) 0,6
- (e) 0,7

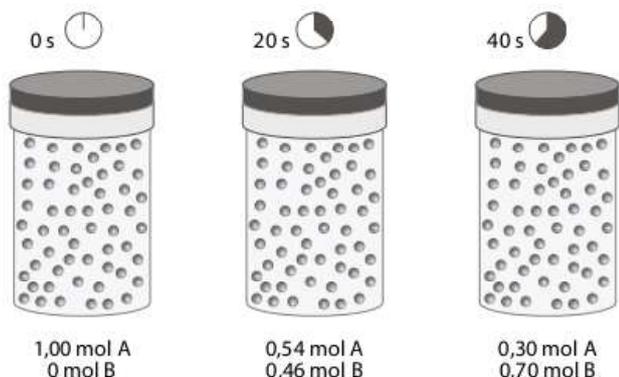
5 ITA 2009 Considere a reação química representada pela seguinte equação:



Num determinado instante de tempo t da reação, verifica-se que o oxigênio está sendo consumido a uma velocidade de $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. Nesse tempo t , a velocidade de consumo de NO_2 será de:

- (a) $6,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- (b) $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- (c) $2,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- (d) $4,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- (e) $9,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

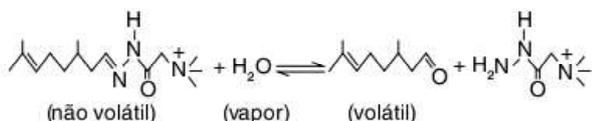
6 PUC-Rio 2008 Considere a reação de decomposição da substância A na substância B e as espécies a cada momento segundo o tempo indicado.



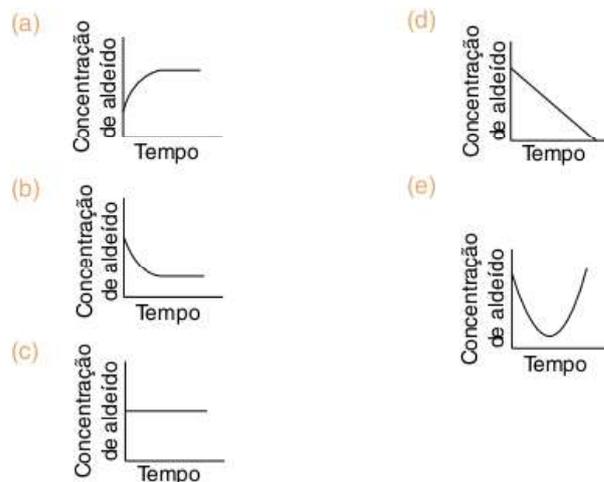
Sobre a velocidade dessa reação, é correto afirmar que a velocidade de:

- (a) decomposição da substância A, no intervalo de tempo de 0 a 20 s, é $0,46 \text{ mol s}^{-1}$.
- (b) decomposição da substância A, no intervalo de tempo de 20 a 40 s, é $0,012 \text{ mol s}^{-1}$.
- (c) decomposição da substância A, no intervalo de tempo de 0 a 40 s, é $0,035 \text{ mol s}^{-1}$.
- (d) formação da substância B, no intervalo de tempo de 0 a 20 s, é $0,46 \text{ mol s}^{-1}$.
- (e) formação da substância B, no intervalo de tempo de 0 a 40 s, é $0,70 \text{ mol s}^{-1}$.

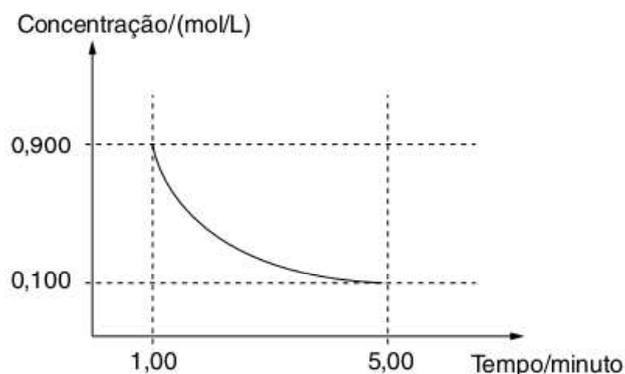
7 Fuvest 2007 Alguns perfumes contêm substâncias muito voláteis, que evaporam rapidamente, fazendo com que o aroma dure pouco tempo. Para resolver esse problema, pode-se utilizar uma substância não volátil que, ao ser lentamente hidrolisada, irá liberando o componente volátil desejado por um tempo prolongado. Por exemplo, o composto não volátil, indicado na equação, quando exposto ao ar úmido, produz o aldeído volátil citronelal:



Um tecido, impregnado com esse composto não volátil, foi colocado em uma sala fechada, contendo ar saturado de vapor-d'água. Ao longo do tempo, a concentração de vapor-d'água e a temperatura mantiveram-se praticamente constantes. Sabe-se que a velocidade de formação do aldeído é diretamente proporcional à concentração do composto não volátil. Assim sendo, o diagrama que corretamente relaciona a concentração do aldeído no ar da sala com o tempo decorrido deve ser:



8 UFMG 2006 Analise este gráfico, em que está representada a variação da concentração de um reagente em função do tempo em uma reação química.



Considerando-se as informações desse gráfico, é correto afirmar que, no intervalo entre 1 e 5 minutos, a velocidade média de consumo desse reagente é de:

- (a) $0,200 \text{ (mol/L)/min}$
- (b) $0,167 \text{ (mol/L)/min}$
- (c) $0,225 \text{ (mol/L)/min}$
- (d) $0,180 \text{ (mol/L)/min}$

9 CFTSC A penicilina é um antibiótico natural, derivado do fungo *Penicillium chrysogenum*, amplamente utilizada para o tratamento de infecções bacterianas, sendo o primeiro antibiótico utilizado com sucesso. O principal mecanismo de resistência de bactérias à penicilina baseia-se na produção de enzimas por essas bactérias, as penicilinases, que degradam a penicilina antes desta exercer qualquer efeito. Suponha que uma determinada quantidade de penicilina não foi estocada adequadamente e, com isso, sofreu degradação, ao longo de algumas semanas, resultando em concentrações molares apresentadas no quadro 1.

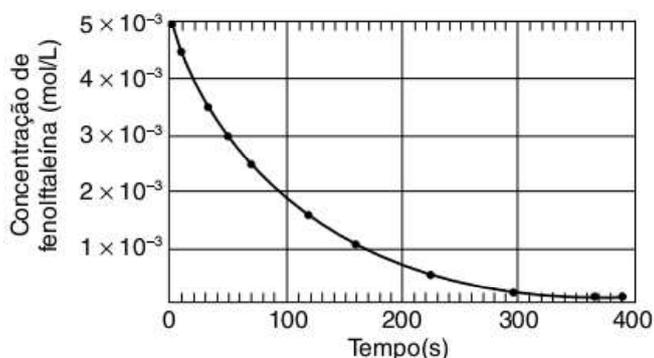
Quadro 1: Concentração molar da penicilina em função do tempo

Tempo (semanas)	Concentração molar da penicilina (mol/L)
0	0,125
3	0,075
5	0,05
8	0,0375
10	0,02
20	0,005
30	0,001

Com base nas informações apresentadas no texto, no quadro 1 e nos seus conhecimentos, assinale a alternativa correta.

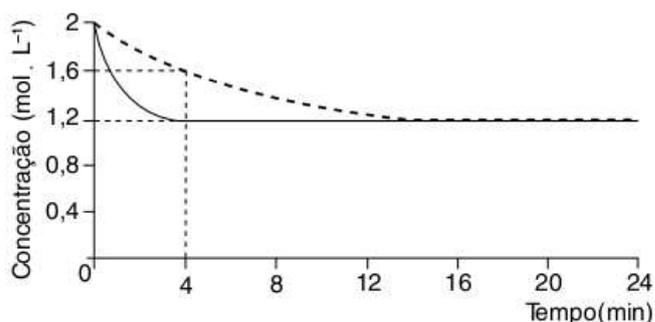
- A degradação da penicilina, apresentada no quadro 1, tem uma velocidade constante, ou seja, não varia ao longo das 30 semanas.
- A velocidade média de degradação da penicilina, no intervalo de 0 a 5 semanas, é de 0,015 mol/L . semana.
- As enzimas são substâncias que não afetam a velocidade das reações químicas.
- As enzimas são substâncias que aumentam a velocidade das reações químicas pelo fato de promoverem, nessas reações, um aumento na energia de ativação, que é a diferença de energia entre os reagentes e o complexo ativado.
- Fatores como temperatura, concentração e radiações eletromagnéticas não afetam a velocidade das reações químicas.

10 Unifesp 2008 Para neutralizar 10,0 mL de uma solução de ácido clorídrico, foram gastos 14,5 mL de solução de hidróxido de sódio 0,120 mol/L. Nesta titulação ácido-base foi utilizada fenolftaleína como indicador do ponto final da reação. A fenolftaleína é incolor no meio ácido, mas se torna rosa na presença de base em excesso. Após o final da reação, percebe-se que a solução gradativamente fica incolor à medida que a fenolftaleína reage com excesso de NaOH. Neste experimento, foi construído um gráfico que representa a concentração de fenolftaleína em função do tempo.

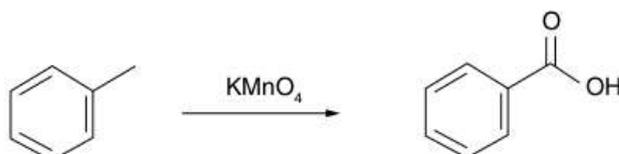


- Escreva a equação da reação de neutralização e calcule a concentração, em mol/L, da solução de HCl.
- Calcule a velocidade média de reação de decomposição da fenolftaleína durante o intervalo de tempo de 50 segundos iniciais de reação. Explique por que a velocidade de reação não é a mesma durante os diferentes intervalos de tempo.

11 Uerj 2011 (Adapt.) A irradiação de micro-ondas vem sendo utilizada como fonte de energia para determinadas reações químicas, em substituição à chama de gás convencional. Em um laboratório, foram realizados dois experimentos envolvendo a reação de oxidação do metilbenzeno com KMnO_4 em excesso. A fonte de energia de cada um, no entanto, era distinta: irradiação de micro-ondas e chama de gás convencional. Observe, no gráfico abaixo, a variação da concentração de metilbenzeno ao longo do tempo para os experimentos:

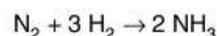


Observe, agora, a equação química que representa esses experimentos:



Para o experimento que proporcionou a maior taxa de reação química, determine a velocidade média de formação de produto, nos quatro minutos iniciais, em $\text{g} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

12 UEPG 2010 Após 5 minutos do início da reação de síntese da amônia, verificou-se um consumo de 0,60 mol de H_2

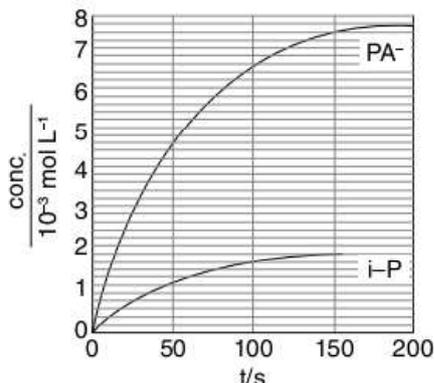


Com base nessas informações assinale o que for correto.

- A velocidade média de consumo de H_2 é de 0,12 mol/min.
 - O volume de amônia correspondente a 2 mols só é atingido após 50 minutos de reação.
 - A velocidade média da reação foi de 0,040 mol/min.
 - Após 25 minutos, considerando a reação na CNTP, foram consumidos 22,4 L de N_2 .
 - A velocidade média de formação de NH_3 é de 0,080 mol/min.
- Soma =

13 Fuvest 2009 Pilocarpina (P) é usada no tratamento do glaucoma. Em meio alcalino, sofre duas reações simultâneas: isomerização, formando iso-pilocarpina (i-P) e hidrólise, com formação de pilocarpato (PA^-). Em cada uma dessas reações, a proporção estequiométrica entre o reagente e o produto é de 1 para 1.

Num experimento, a 25°C, com certa concentração inicial de pilocarpina e excesso de hidróxido de sódio, foram obtidas as curvas de concentração de $i-P$ e PA^- em função do tempo, registradas no gráfico.



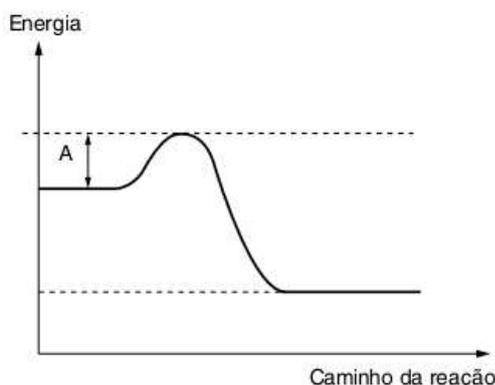
Tempo/s	0	100	200
$[i-P]/10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$			
$[PA^-]/10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$			
$[P]/10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$			

Considere que, decorridos 200 s, a reação se completou, com consumo total do reagente pilocarpina.

- Para os tempos indicados na tabela acima, complete-a com as concentrações de $i-P$ e PA^- .
- Complete a tabela acima com as concentrações do reagente P.
- Analisando as curvas do gráfico, qual das duas reações, a de isomerização ou a de hidrólise, ocorre com maior velocidade? Explique.

Energia de ativação

14 PUC-MG Considere a seguir o diagrama energético de uma reação:



O valor representado por A corresponde:

- à energia de ativação da reação.
- à entalpia da reação.
- à entropia da reação.
- à velocidade da reação.

15 FGV 2006 A energia envolvida nos processos industriais é um dos fatores determinantes da produção de um produto. O estudo da velocidade e da energia envolvida nas reações é de fundamental importância para a otimização das condições de processos químicos, pois alternativas como a alta pressurização de reagentes gasosos, a elevação de temperatura, ou ainda o uso de catalisadores podem tornar economicamente viável determinados processos, colocando produtos competitivos no mercado.

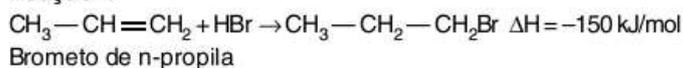
O estudo da reação reversível: $A + B \rightleftharpoons C + D$, revelou que ela ocorre em uma única etapa. A variação de entalpia da reação direta é de -25 kJ . A energia de ativação da reação inversa é $+80 \text{ kJ}$. Então, a energia de ativação da reação direta é igual a:

- -80 kJ
- -55 kJ
- $+55 \text{ kJ}$
- $+80 \text{ kJ}$
- $+105 \text{ kJ}$

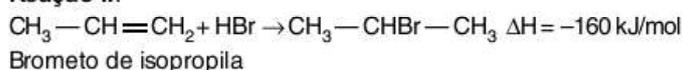
16 UFMG 2009 O propeno, $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$, ao reagir com o brometo de hidrogênio, HBr , produz uma mistura de dois compostos – o brometo de n-propila, $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Br}$, e o brometo de isopropila, $\text{CH}_3-\text{CHBr}-\text{CH}_3$.

As reações responsáveis pela formação desses compostos estão representadas nestas duas equações:

Reação I:



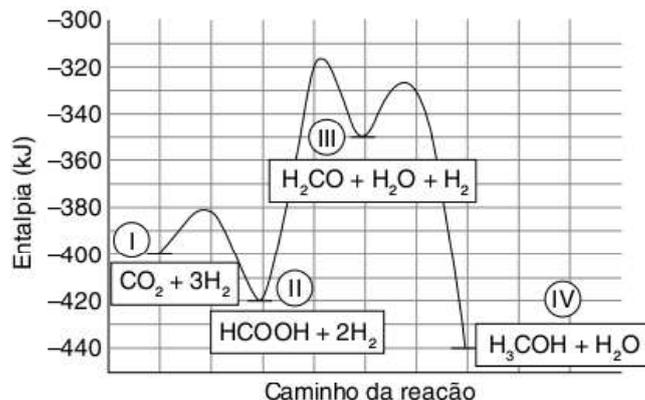
Reação II:



Sabe-se que a velocidade da reação II é maior que a da reação I. Comparando-se essas duas reações, é correto afirmar que, na II:

- a energia de ativação é maior.
- a energia do estado de transição é menor.
- a energia dos reagentes é maior.
- a energia liberada na forma de calor é menor.

17 UFRJ 2008 A redução das concentrações de gases responsáveis pelo efeito estufa constitui o desafio central do trabalho de muitos pesquisadores. Uma das possibilidades para o sequestro do CO_2 atmosférico é sua transformação em outras moléculas. O diagrama a seguir mostra a conversão do gás carbônico em metanol.

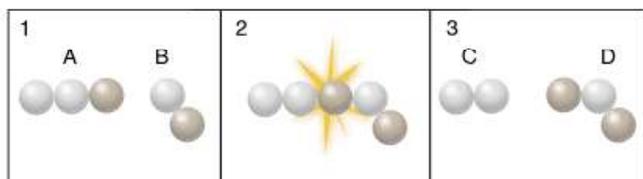


Indique a etapa lenta do processo. Justifique sua resposta.

Fatores que alteram a velocidade da reação

18 UEPG 2011 Considere o esquema (em nível microscópico) abaixo, referente a uma determinada reação elementar entre as moléculas A e B.

De acordo com esse esquema, assinale o que for correto.



- 01 Se as concentrações de ambos os reagentes no item 1 forem duplicadas a uma temperatura constante, a velocidade da reação também será duplicada.
- 02 O esquema representa uma colisão eficaz, pois as moléculas mostradas no item 3 são diferentes das do item 1.
- 04 A equação da velocidade para essa reação depende da concentração de apenas um dos reagentes.
- 08 No item 2 é mostrado o complexo ativado da reação.

Soma =

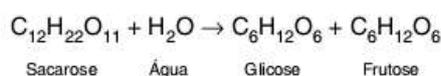
19 UFRRJ 2008

Sony cria bateria de açúcar

A Sony desenvolveu um protótipo de bateria que funciona com açúcar e que pode gerar eletricidade suficiente para um tocador de música e para um par de alto-falantes.

"Sony cria bateria de açúcar". In: *Jornal Extra*, 3512, ago. 2007.

O texto acima exemplifica a preocupação da humanidade em encontrar novas fontes alternativas de energia, problema que terá de enfrentar com maior ênfase no futuro. A sacarose, utilizada no processo acima, em contato com a água, gera a seguinte reação química:



Um aluno, para determinar a velocidade dessa reação química, realizou o seguinte procedimento:

- I. primeiro, determinou a velocidade, utilizando quaisquer concentrações para a sacarose e para a água;
- II. segundo, aumentou a concentração de sacarose para o dobro da concentração usada anteriormente e utilizou a mesma quantidade de água do processo anterior. Observou que a velocidade foi o dobro da velocidade determinada no primeiro procedimento;
- III. terceiro, diminuiu a quantidade de água pela metade da quantidade utilizada no primeiro procedimento e colocou a mesma concentração de sacarose utilizada no primeiro procedimento. Observou que a velocidade foi igual à determinada no primeiro procedimento.

Determine a equação da velocidade da reação química acima.

Texto para as questões 20 e 21.

A cinética química estuda as velocidades das reações químicas, a rapidez com que os reagentes são consumidos e os produtos são formados, o modo como as velocidades de reação respondem a mudanças das condições ou à presença de um catalisador e a identificação das etapas pelas quais passa uma reação. Ao se estudarem processos biologicamente importantes, nota-se que um processo que parece ser lento pode ser o resultado de muitas etapas rápidas. Processos fotobiológicos, tais como os responsáveis pela fotossíntese e pelo lento desenvolvimento de uma planta, podem ocorrer em cerca de 1 ps. O efeito da ligação de um neurotransmissor ocorre após, aproximadamente, 1 ms. Uma vez que o gene tenha sido ativado, uma proteína pode surgir em mais ou menos 100 s. Em uma visão mais abrangente, algumas das equações de cinética química são aplicáveis ao comportamento de populações inteiras de organismos. Essas sociedades mudam em escalas de tempo de $10^7 - 10^9$ s. A velocidade inicial de uma reação química é definida de acordo com a seguinte fórmula: $r_0 = k[X_0]^a$, em que r_0 é a velocidade inicial da reação, X_0 é a concentração inicial de uma espécie X e o valor a, a ordem da reação que tem constante de velocidade igual a k. Pode-se obter um gráfico linear do logaritmo decimal da velocidade inicial versus o logaritmo decimal da concentração inicial do reagente, por meio da seguinte expressão:

$$\log_{10} r_0 = k + a \log_{10} [X_0]$$

A tabela abaixo mostra dados da concentração e da velocidade inicial de reação de uma espécie X.

$[X_0]$ (mol . L ⁻¹)	r_0 (mol L ⁻¹ . s ⁻¹)
0,0001	0,1
0,001	1,0
0,01	10,0

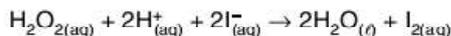
20 UnB 2011 Acerca de reações químicas, assinale a opção correta.

- (a) As reações de segunda ordem apresentam $\frac{1}{4}$ da velocidade inicial das reações de primeira ordem.
- (b) As velocidades das reações químicas aumentam à medida que a temperatura aumenta.
- (c) Em temperaturas mais altas, as colisões entre moléculas diminuem.
- (d) O estado físico dos reagentes não altera a velocidade de uma reação química.

21 UnB 2011 (Adapt.) A partir dessas informações, julgue os itens a seguir.

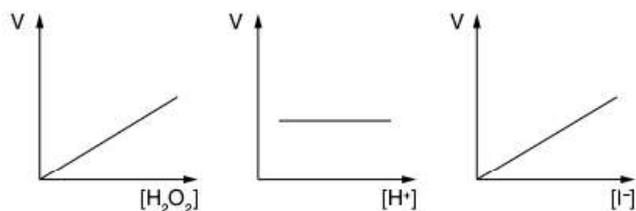
- a) A concentração dos reagentes e a temperatura são fatores que afetam a velocidade de uma reação química, uma vez que, para ocorrer uma reação, é necessário que as moléculas dos reagentes se aproximem de modo que seus átomos possam ser trocados ou rearranjados na estrutura molecular.
- b) A reação cujos dados estão representados na tabela do texto corresponde a uma reação de segunda ordem.

22 Fatec 2006 Pode-se detectar a presença de iodetos em águas-mães de salinas, por meio da reação representada pela equação:



Os seguintes gráficos, mostrando a velocidade da reação em função da concentração dos reagentes, foram construídos com os dados coletados em vários experimentos:

- I. Variando a concentração de H_2O_2 e mantendo constantes as de H^+ e I^- ;
- II. Variando a concentração de H^+ e mantendo constantes as de H_2O_2 e I^- ;
- III. Variando a concentração de I^- e mantendo constantes as de H_2O_2 e H^+ .



Com base na análise dos gráficos, afirma-se que a velocidade da reação:

- I. depende apenas da concentração de H^+ .
- II. é diretamente proporcional à concentração de H_2O_2 .
- III. independe da concentração de H^+ .
- IV. é inversamente proporcional à concentração de I^- .

É correto o que se afirma apenas em:

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

23 UFRGS 2008 A reação $\text{NO}_{2(g)} + \text{CO}_{(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)} + \text{NO}_{(g)}$ possui uma lei cinética $v = k[\text{NO}_2]^2$.

Considere o quadro a seguir, que apresenta os dados relativos a situações experimentais com essa reação.

Experimento	$[\text{NO}_2]$ inicial mol/L	$[\text{CO}]$ inicial mol/L	Velocidade inicial mol · L ⁻¹ · min ⁻¹
1	0,01	0,02	0,001
2	0,02	0,01	v_2

A análise desses dados permite determinar que a constante de velocidade k , em $\text{L mol}^{-1} \text{min}^{-1}$, e a velocidade v_2 , em $\text{mol L}^{-1} \text{min}^{-1}$, são, respectivamente,

- (a) 0,1 e 0,001.
- (b) 0,1 e 0,002.
- (c) 0,1 e 0,004.
- (d) 10 e 0,002.
- (e) 10 e 0,004.

24 UFPA 2012 Os resultados de três experimentos, feitos para encontrar a lei de velocidade para a reação $2\text{NO}_{(g)} + 2\text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{N}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$, encontram-se na tabela abaixo.

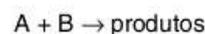
Tabela 1 – Velocidade inicial de consumo de $\text{NO}_{(g)}$

Experimento	$[\text{NO}]$ inicial (mol L ⁻¹)	$[\text{H}_2]$ inicial (mol L ⁻¹)	Velocidade de consumo inicial de NO (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
1	$4,0 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-5}$
2	$8,0 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$4,8 \times 10^{-5}$
3	$4,0 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-5}$

De acordo com esses resultados, é correto concluir que a equação de velocidade é:

- (a) $v = k [\text{NO}] [\text{H}_2]^2$
- (b) $v = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]^2$
- (c) $v = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$
- (d) $v = k [\text{NO}]^4 [\text{H}_2]^2$
- (e) $v = k [\text{NO}]^{1/2} [\text{H}_2]$

25 Fatec 2007 Deseja-se estudar a influência da concentração dos reagentes sobre a velocidade de uma reação do tipo:



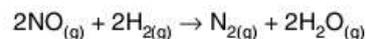
Para isso, foram feitas as seguintes observações:

- I. duplicando-se a concentração de A, a velocidade da reação também duplicou;
- II. triplicando-se a concentração de B, a velocidade da reação aumentou por um fator de 9.

Assim, se as concentrações de A e de B forem ambas divididas pela metade, a velocidade dessa reação irá:

- (a) duplicar.
- (b) diminuir pela metade.
- (c) aumentar quatro vezes.
- (d) diminuir oito vezes.
- (e) permanecer a mesma.

26 Ufop 2010 O óxido nítrico é um poluente atmosférico que pode ser reduzido na presença de hidrogênio, conforme a seguinte equação:



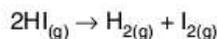
A velocidade inicial de formação de N_2 foi medida para várias concentrações iniciais diferentes de NO e H_2 , e os resultados são os seguintes:

Experimento n°	$[\text{NO}]$ (mol/L)	$[\text{H}_2]$ (mol/L)	Velocidade inicial (molL ⁻¹ s ⁻¹)
1	0,20	0,10	$4,92 \times 10^{-3}$
2	0,10	0,10	$1,23 \times 10^{-3}$
3	0,10	0,20	$2,46 \times 10^{-3}$
4	0,05	0,40	$1,23 \times 10^{-3}$

Fazendo uso desses dados, determine:

- a equação de velocidade para a reação;
- o valor da constante de velocidade da reação;
- a velocidade inicial da reação quando $[\text{NO}] = 0,5 \text{ mol/L}$ e $[\text{H}_2] = 1,0 \text{ mol/L}$.

27 UFRGS 2010 Considere a reação a seguir, que está ocorrendo a 556 K.



Essa reação tem a sua velocidade monitorada em função da concentração, resultando na seguinte tabela.

[HI] (mol L ⁻¹)	Veloc. (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
0,01	$3,5 \times 10^{-11}$
0,02	14×10^{-11}

Nessas condições, o valor da constante cinética da reação, em L mol⁻¹ s⁻¹, é:

- $3,5 \cdot 10^{-11}$
- $7,0 \cdot 10^{-11}$
- $3,5 \cdot 10^{-9}$
- $3,5 \cdot 10^{-7}$
- $7,0 \cdot 10^{-7}$

28 Mackenzie 2010 Os dados empíricos para a velocidade de reação, v , indicados no quadro a seguir, foram obtidos a partir dos resultados em diferentes concentrações de reagentes iniciais para a combustão do gás A, em temperatura constante.

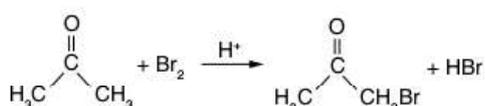
Experimento	[A] (mol . L ⁻¹)	[O ₂] inicial (mol ⁻¹)	v (mol . L ⁻¹ . min ⁻¹)
1	1,0	4,0	$4 \cdot 10^{-4}$
2	2,0	4,0	$32 \cdot 10^{-4}$
3	1,0	2,0	$2 \cdot 10^{-4}$

A equação de velocidade para essa reação pode ser escrita como $v = k [\text{A}]^x \cdot [\text{O}_2]^y$, em que x e y são, respectivamente, as ordens de reação em relação aos componentes A e O₂.

Assim, de acordo com os dados empíricos obtidos, os valores de x e y são, respectivamente:

- 1 e 3.
- 2 e 3.
- 3 e 1.
- 3 e 2.
- 2 e 1.

29 Fuvest 2012 Ao misturar acetona com bromo, na presença de ácido, ocorre a transformação representada pela equação química:



Dentre as substâncias presentes nessa mistura, apenas o bromo possui cor e, quando este reagente for totalmente consumido, a solução ficará incolor. Assim sendo, a velocidade da reação pode ser determinada medindo-se o tempo decorrido até o desaparecimento da cor, após misturar volumes definidos de soluções aquosas de acetona, ácido e bromo, de concentrações iniciais conhecidas. Os resultados de alguns desses experimentos estão na tabela apresentada a seguir.

- Considerando que a velocidade da reação é dada por $\frac{\text{concentração inicial de Br}_2}{\text{tempo para desaparecimento da cor}}$, complete a tabela.

Experimento	Concentração inicial de acetona (mol L ⁻¹)	Concentração inicial de H ⁺ (mol L ⁻¹)	Concentração inicial de Br ₂ (mol L ⁻¹)	Tempo decorrido até o desaparecimento da cor (s)	Velocidade da reação (mol L ⁻¹ s ⁻¹)
1	0,8	0,2	$6,6 \times 10^{-3}$	132	
2	1,6	0,2	$6,6 \times 10^{-3}$	66	
3	0,8	0,4	$6,6 \times 10^{-3}$	66	
4	0,8	0,2	$3,3 \times 10^{-3}$	66	

- A velocidade da reação é independente da concentração de uma das substâncias presentes na mistura. Qual é essa substância? Justifique sua resposta.

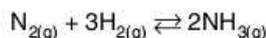
30 PUC-PR 2010 Compostos naturais são muito utilizados na denominada *Medicina Naturalista*. Povos indígenas amazônicos há muito fazem uso da casca da Quina (*Coutarea hexandra*) para extrair quinina, princípio ativo no tratamento da malária. Antigos relatos chineses também fazem menção a uma substância, a artemisina, encontrada no arbusto Losna (*Artemisia absinthium*), que também está relacionada ao tratamento da malária. Em estudos sobre a cinética de degradação da quinina por ácido, foram verificadas as seguintes velocidades em unidades arbitrárias:

Quinina (mol L ⁻¹)	Ácido (mol L ⁻¹)	Velocidade (u.a.)
$1,0 \times 10^{-4}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-3}$
$1,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$9,6 \times 10^{-3}$
$0,5 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-3}$
$2,0 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$

A partir desses dados, pode-se concluir que a lei de velocidade assume a forma:

- $V = K [\text{quinina}]^2$
- $V = K \frac{[\text{quinina}]^2}{[\text{ácido}]}$
- $V = K^2 [\text{quinina}]^2$
- $V = K [\text{quinina}] [\text{ácido}]^2$
- $V = K \frac{[\text{ácido}]^2}{[\text{quinina}]}$

31 UFSC 2008 (Adapt.) O nitrogênio do ar não é assimilável, mas por uma ação simbiótica entre os legumes e certas bactérias que existem nos nódulos das raízes, ele é fixado no solo em forma de compostos amoniacais. A cada ano, em toda a superfície terrestre, um bilhão de toneladas de nitrogênio atmosférico é transformado em N_2 fixado, sendo que, dentre todas as reações químicas realizadas, a síntese da amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio atmosférico é a mais importante, conhecida como Processo de Haber:



Em uma experiência para determinar a lei de velocidade desta reação, os dados da tabela a seguir foram obtidos:

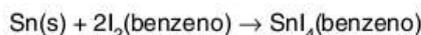
$[N_2]$, mol L ⁻¹	$[H_2]$, mol L ⁻¹	velocidade, mol L ⁻¹ min ⁻¹
0,03	0,01	$4,2 \times 10^{-5}$
0,06	0,01	$1,7 \times 10^{-4}$
0,03	0,02	$3,4 \times 10^{-4}$

Com base nas informações do enunciado, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

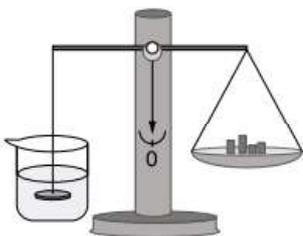
- 01 A lei de velocidade da reação de formação da amônia é $v = k[N_2]^2 \cdot [H_2]^3$.
- 02 A partir de 10 g de N_2 são obtidos 17 g de NH_3 .
- 04 Se a velocidade de formação da amônia é igual a $3,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$, então a velocidade de consumo do nitrogênio é de $1,7 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1} \text{ min}^{-1}$.
- 08 A reação de formação da amônia é de segunda ordem em relação ao nitrogênio e ao hidrogênio.
- 16 Quando a concentração de N_2 duplica, a velocidade da reação se reduz à metade.
- 32 A velocidade de consumo do hidrogênio é um terço da velocidade de consumo do nitrogênio.

Soma =

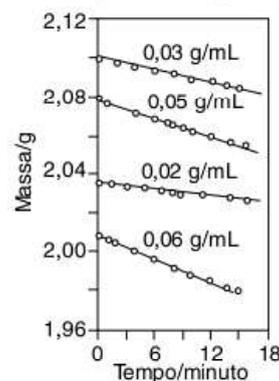
32 UFGM 2012 Estanho metálico pode ser oxidado por iodo molecular dissolvido em benzeno. Nessa reação, produz-se o iodeto de estanho (IV), como representado nesta equação:



Na figura abaixo, mostra-se uma montagem experimental, em que um disco de estanho está imerso em benzeno e preso a uma balança. Observe que a massa do béquer e da solução nele contida não estão sendo pesados. Desde o início do experimento, a massa do disco é medida, algumas vezes, durante cerca de 15 minutos.



No gráfico a seguir estão representados os resultados de quatro experimentos, que envolvem a reação acima descrita e em que foram usados discos de massas ligeiramente diferentes, mergulhados em soluções de iodo em benzeno, em concentrações iniciais de 0,02 g/mL, 0,03 g/mL, 0,05 g/mL e 0,06 g/mL:



- a) A partir da análise desse gráfico, indique, entre as quatro concentrações iniciais de iodo – 0,02 g/mL; 0,03 g/mL; 0,05 g/mL ou 0,06 g/mL – aquela que resulta na reação mais lenta e a que resulta na reação mais rápida. Justifique suas indicações, comparando a variação de massa que ocorre nos experimentos.
- b) Considerando os resultados para o experimento em que se usou a solução de I_2 de concentração 0,05 g/mL, calcule a velocidade da reação com as unidades gramas de estanho que reagem por minuto. Use dados referentes ao intervalo de tempo entre 0 e 12 minutos.
- c) Indique o tipo de interação intermolecular mais forte entre o benzeno e o iodo nele dissolvido. Justifique sua indicação.

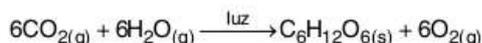
33 PUC-RS 2006 No quadro a seguir, encontram-se equações químicas, que representam reações realizadas em idênticas condições de temperatura e pressão; suas respectivas ordens de reação em relação aos reagentes; e as constantes de velocidade, obtidas experimentalmente.

	Equação química	Ordem de reação	Constante de velocidade (k) T = 600K
1	$C_2H_5I_{(g)} \rightarrow C_2H_4(g) + HI_{(g)}$	1ª ordem em relação ao $C_2H_5I_{(g)}$	$1,6 \times 10^{-5}$
2	$\begin{array}{c} CH_2 \\ / \quad \backslash \\ H_2C \quad CH_2 \end{array} \rightarrow CH_3-CH=CH_2$	1ª ordem em relação ao ciclopropano	$3,3 \times 10^{-9}$
3	$N_2O_{5(g)} \rightarrow NO_{2(g)} + NO_{3(g)}$	1ª ordem em relação ao $N_2O_{5(g)}$	$1,2 \times 10^{-2}$
4	$CO_{(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + NO_{(g)}$	2ª ordem em relação ao $NO_{2(g)}$ e ordem zero em relação ao $CO_{(g)}$	$2,8 \times 10^{-2}$

O magnésio será oxidado, mais rapidamente, no experimento:

- (a) 1.
- (b) 2.
- (c) 3.
- (d) 4.

38 UFU 2007 Uma reação química de grande importância é a fotossíntese, com a qual, a partir de CO_2 e H_2O , obtém-se a glicose:



Leia o enunciado anterior e considere as afirmativas apresentadas a seguir.

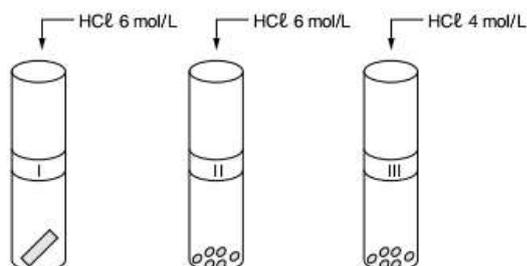
- I. A pressão não influi nesta reação.
- II. Na ausência de luz a velocidade da reação é quase nula.
- III. Com o aumento de temperatura maior será a velocidade da reação.
- IV. A velocidade da reação será maior quando a concentração em quantidade de matéria de CO_2 aumentar.

Qual alternativa a seguir apresenta resposta correta?

- (a) Somente II, III e IV.
- (b) Todas estão corretas.
- (c) Somente I e III.
- (d) Somente III.

39 Unifesp 2010 Em uma aula de laboratório de química, foram realizados três experimentos para o estudo da reação entre zinco e ácido clorídrico.

Em três tubos de ensaio rotulados como I, II e III, foram colocados em cada um $5,0 \times 10^{-3}$ mol (0,327 g) de zinco e 4,0 mL de solução de ácido clorídrico, nas concentrações indicadas na figura. Foi anotado o tempo de reação até ocorrer o desaparecimento completo do metal. A figura mostra o esquema dos experimentos, antes da adição do ácido no metal.



- a) Qual experimento deve ter ocorrido com menor tempo de reação? Justifique.
- b) Determine o volume da solução inicial de HCl que está em excesso no experimento III. Apresente os cálculos efetuados.

40 UEPG 2008 Aparas de magnésio foram colocadas para reagir com ácido clorídrico em diferentes concentrações. Em todas as amostras, observou-se que, após determinado tempo, ocorreu a dissolução do metal, com a evolução de gás hidrogênio. A respeito dessa experiência, considerando os dados apresentados na tabela a seguir, assinale o que for correto.

Amostra	Massa de Mg (g) dissolvido	Tempo (minutos)
1	1,00	5,0
2	0,20	1,0
3	0,20	0,5
4	0,50	0,5

- 01 Comparativamente, a reação da amostra 4 apresentou a maior velocidade média.
- 02 Comparativamente, a amostra 1 liberou a maior quantidade de gás hidrogênio por causa da maior quantidade de magnésio dissolvido.
- 04 Apesar de ter sido utilizada a mesma massa de Mg nas amostras 2 e 3, observa-se que o tempo de sua dissolução na amostra 2 foi maior, o que pode ser resultado da utilização de uma menor concentração de ácido clorídrico nesta amostra.
- 08 Se nesta experiência tivesse sido utilizado magnésio em pó, a velocidade de todas as reações teria sido maior, por causa do aumento da superfície de contato entre os reagentes.

Soma =

41 UFSM 2007 Um comprimido efervescente de vitamina C intacto, pesando 5 g, quando colocado em um copo contendo água a 25°C , será dissolvido em dois minutos.

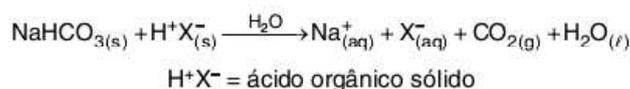
Considerando essa informação, assinale verdadeira (V) ou falsa (F) em cada uma das proposições.

- Se o comprimido efervescente estiver em pequenos pedaços, o tempo de dissolução também será de dois minutos, pois a massa continua sendo 5 g.
- O tempo de dissolução do comprimido efervescente intacto mantém-se quando o comprimido for dissolvido em água a 40°C , pois a área de contato é a mesma.
- Quanto maior a superfície de contato do comprimido efervescente com a água, maior o número de colisões favoráveis, portanto maior a velocidade de dissolução.
- O aumento da temperatura diminui a energia de ativação, diminuindo, portanto, o tempo de dissolução.

A sequência correta é

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

42 Unifesp Para investigar a cinética da reação representada pela equação a seguir, foram realizados três experimentos, empregando comprimidos de antiácido efervescente, que contêm os dois reagentes no estado sólido. As reações foram iniciadas pela adição de iguais quantidades de água aos comprimidos, e suas velocidades foram estimadas observando-se o despreendimento de gás em cada experimento. O quadro a seguir resume as condições em que cada experimento foi realizado.



Experimento	Forma de adição de cada comprimido (2g)	Temperatura da água (°C)
I	Inteiro	40
II	Inteiro	20
III	Moído	40

Assinale a alternativa que apresenta os experimentos em ordem crescente de velocidade de reação.

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

43 UEL 2008 Em um estudo sobre o tempo de reação entre o CaCO_3 sólido (carbonato de cálcio) e uma solução aquosa de HCl (ácido clorídrico), foram feitos três experimentos após as atividades 1 e 2, conforme segue.

Tabela de atividades	
Atividade 1	Separou-se 10 g de mármore (CaCO_3) em um único pedaço (Amostra A).
Atividade 2	Triturou-se 100 g de mármore (CaCO_3) em um almofariz. Passou-se a porção de mármore triturado para uma peneira. Separou-se o mármore que ficou retido na peneira (Amostra B) daquele que passou pela tela (Amostra C).

Dados: Nos três experimentos o tempo de reação foi medido com o auxílio de um cronômetro, o final da reação foi identificado pelo término da liberação de gás carbônico (cessar da efervescência) e os experimentos 1 e 2 foram realizados a temperatura ambiente (25 °C).

Tabela de experimentos	
Experimento 1	Em três béqueres, identificados por A, B e C, foram adicionados 50 mL de ácido clorídrico de concentração 3 mol/L. Nos béqueres A, B e C foram transferidas 10 g de amostras A, B e C, respectivamente.
Experimento 2	Dois béqueres foram identificados por X e Y. No béquer X, foram adicionados 50 mL de ácido clorídrico de concentrações 1 mol/L e 10 g da amostra B. No béquer Y, foram adicionados 50 mL de ácido clorídrico de concentrações 3 mol/L e 10 g da amostra B.
Experimento 3	Dois béqueres foram identificados por W e Z. No béquer W, foram adicionados 50 mL de ácido clorídrico de concentração 6 mol/L à temperatura ambiente (25 °C) e 10 g da amostra B. No béquer Z, foram adicionados 50 mL de ácido clorídrico de concentração 6 mol/L à temperatura de 60 °C e 10 g da amostra B.

Com base nos três experimentos e nos conhecimentos de reação química e cinética química, assinale a alternativa correta.

- (a) Como as substâncias adicionadas nos béqueres A, B e C no experimento 1 foram as mesmas, o tempo necessário para o término da reação foi o mesmo nos três béqueres.
 (b) O tempo necessário para o término da reação no experimento 2 foi menor no béquer X e no experimento 3 foi maior no béquer Z.
 (c) O tempo necessário para o término da reação no experimento 1 foi maior no béquer C e no experimento 3 foram iguais nos béqueres W e Z.
 (d) O tempo necessário para o término da reação no experimento 2 foi menor no béquer Y e no experimento 3 foi maior no béquer W.
 (e) O tempo necessário para o término da reação no experimento 1 foi menor no béquer A e no experimento 3 foi menor no béquer Z.

44 Fuvest 2006 Em solução aquosa, iodeto de potássio reage com persulfato de potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$). Há formação de iodo e de sulfato de potássio. No estudo cinético desta reação, foram realizadas quatro experiências. Em cada uma delas, foram misturados volumes adequados de soluções estoque dos dois reagentes, ambas de concentração $4,0 \cdot 10^{-1}$ mol/L e, a seguir, foi adicionada água, até que o volume final da solução fosse igual a 1,00 L. Na tabela 1, estão indicadas as concentrações iniciais dos reagentes, logo após a mistura e adição de água (tempo igual a zero).

A seguir, está o gráfico correspondente ao estudo cinético citado e, também, a tabela 2 a ser preenchida com os volumes das soluções-estoque e os de água, necessários para preparar as soluções das experiências de 1 a 4.

- a) Escreva a equação química balanceada que representa a reação de oxirredução citada.
 b) Preencha a tabela 2.
 c) No gráfico, preencha cada um dos círculos com o número correspondente à experiência realizada.

Justifique sua escolha com base em argumentos cinéticos e na quantidade de iodo formado em cada experiência.

Velocidade da reação = mols de I_2 produzido/tempo = $k \times C(\text{I}^-) \times C(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$;

$C(\text{I}^-)$ e $C(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$ = concentrações das respectivas espécies químicas, em mol/L;

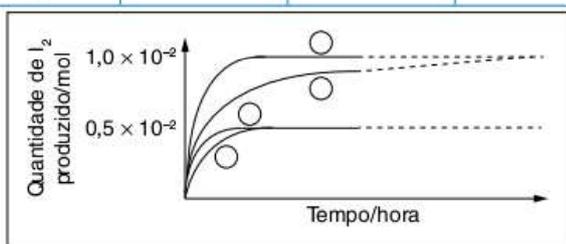
k = constante de velocidade, dependente da temperatura.

Tabela 1

Experiência	Concentrações iniciais em mol/L		Temperatura (°C)
	I^-	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	
1	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	25
2	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	25
3	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	25
4	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	35

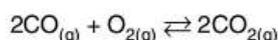
Tabela 2

Experiência	Volume (mL) de		Água
	Solução estoque de iodeto de potássio	Solução estoque de persulfato de potássio	
1			
2			
3			
4			



Catalisador

45 CFTMG Os conversores catalíticos automotivos fazem os gases passarem por um dispositivo com catalisador. Esse acelera a oxidação de hidrocarbonetos, transformando o monóxido de carbono em dióxido de carbono e, portanto, diminuindo a poluição ambiental. O processo pode ser representado pela seguinte equação:



A respeito do catalisador utilizado na reação acima, é correto afirmar que ele:

- (a) resfria o sistema reagente.
- (b) altera a constante de equilíbrio.
- (c) diminui a energia de ativação do complexo ativado.
- (d) é consumido na reação de oxidação dos hidrocarbonetos.

46 UFSM 2008 A sacarose é o açúcar comum que é abundante na cana-de-açúcar e na beterraba.



A lei de velocidade da reação é:

$$v = k[\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}]$$

A velocidade da reação é aumentada, quando se emprega um catalisador, como o ácido clorídrico (HCl).

Considerando-se a reação citada, assinale V (verdadeira) ou F (falsa) nas afirmações a seguir.

- A ordem global da reação é 3.
- A velocidade de consumo da sacarose é igual à velocidade de produção da glicose.
- O HCl cria para a reação um novo caminho com energia de ativação menor.

A sequência correta é:

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

47 Fuvest 2010 Um estudante desejava estudar, experimentalmente, o efeito da temperatura sobre a velocidade de uma transformação química. Essa transformação pode ser representada por:



Após uma série de quatro experimentos, o estudante representou os dados obtidos em uma tabela:

	Número do experimento			
	1	2	3	4
Temperatura (°C)	15	20	30	10
Massa de catalisador (mg)	1	2	3	4
Concentração inicial de A (mol/L)	0,1	0,1	0,1	0,1
Concentração inicial de B (mol/L)	0,2	0,2	0,2	0,2
Tempo decorrido até que a transformação se completasse (em segundos)	47	15	4	18

Que modificação deveria ser feita no procedimento para obter resultados experimentais mais adequados ao objetivo proposto?

- (a) Manter as amostras à mesma temperatura em todos os experimentos.
- (b) Manter iguais os tempos necessários para completar as transformações.
- (c) Usar a mesma massa de catalisador em todos os experimentos.
- (d) Aumentar a concentração dos reagentes A e B.
- (e) Diminuir a concentração do reagente B.

48 Enem 2ª aplicação 2010 Alguns fatores podem alterar a rapidez das reações químicas. A seguir, destacam-se três exemplos no contexto da preparação e da conservação de alimentos.

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

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

- (a) Temperatura, superfície de contato e concentração.
- (b) Concentração, superfície de contato e catalisadores.
- (c) Temperatura, superfície de contato e catalisadores.
- (d) Superfície de contato, temperatura e concentração.
- (e) Temperatura, concentração e catalisadores.

49 PUC-SP 2006 Em um laboratório didático, foi estudada a taxa de formação de gás hidrogênio (H_2) durante a ação de uma solução aquosa de ácido clorídrico (HCl) de concentração 1,0 mol/L sobre metais. Mantendo-se constante a temperatura e a massa inicial dos metais em todos os experimentos, foi determinado o tempo necessário para a formação de 20 mL do gás, recolhidos em uma proveta.

A tabela a seguir resume os resultados obtidos.

Metal	Descrição do sistema final	t(min)
Raspa de Cu	Não houve reação	—
Placa de Zn	Corrosão da placa	30
Raspa de Zn	Corrosão das raspa	7
Raspa de Zn e Cu	Corrosão apenas das raspa de Zn	2

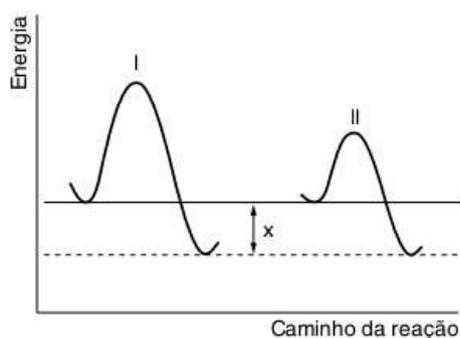
Analisando os quatro experimentos, um aluno concluiu em seu caderno:

- I. Quanto maior a superfície de contato do metal com a solução aquosa, mais lenta é a formação de H_2 .
- II. O cobre é um metal nobre.
- III. O cobre atua como catalisador da reação entre o zinco e o ácido clorídrico.

Das afirmações:

- (a) apenas II está correta.
- (b) apenas I e II estão corretas.
- (c) apenas I e III estão corretas.
- (d) apenas II e III estão corretas.
- (e) I, II e III estão corretas.

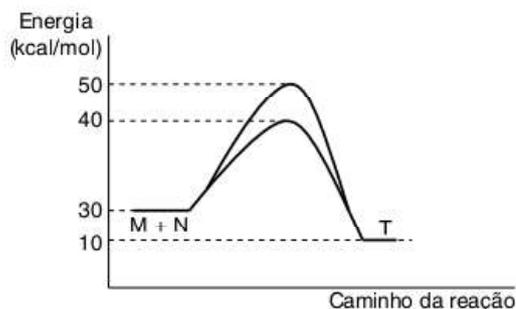
50 UFRGS 2007 As resinas epóxi, amplamente utilizadas como adesivos em aplicações industriais, são preparadas por meio de processos de polimerização que envolvem calor ou catalisadores. O gráfico a seguir compara qualitativamente os processos catalítico e não catalítico de formação da resina epóxi.



Com base nos dados apresentados no gráfico, é correto afirmar que:

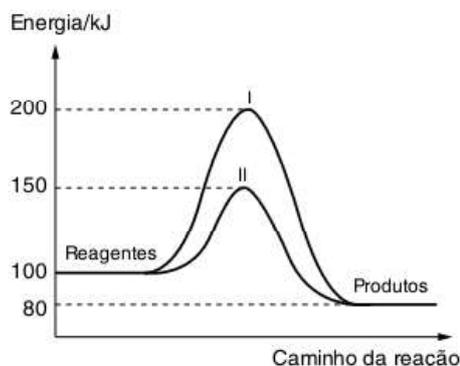
- (a) a reação catalisada é representada pela curva I.
- (b) o processo de cura da resina independe da ação do catalisador.
- (c) a energia de ativação da reação catalisada é dada pelo valor de X.
- (d) a reação mais rápida é representada pela curva II.
- (e) o processo de polimerização é endotérmico.

51 UFRRJ Observe o gráfico da reação $M + N \rightarrow T$ e responda.



- a) Qual a energia de ativação da reação com catalisador?
- b) Qual a variação de energia da reação?

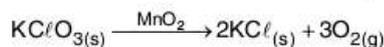
52 PUC-MG 2008 Considere o gráfico a seguir, referente aos diagramas energéticos de uma reação química com e sem catalisador.



Assinale a afirmativa correta.

- (a) A reação é endotérmica.
- (b) A energia de ativação em presença do catalisador é 150 kJ.
- (c) A curva II representa o diagrama energético da reação catalisada.
- (d) A reação acontece em duas etapas.

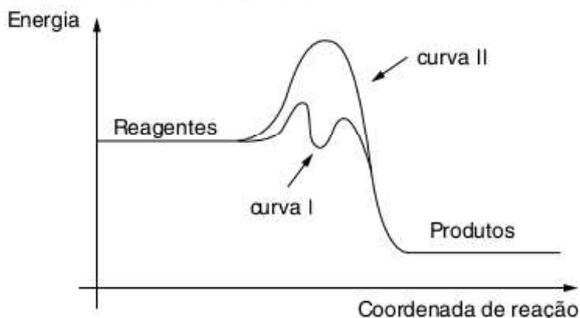
53 Unioeste 2012 A ação de um catalisador sobre uma reação química é tão importante para a ciência e para a indústria que existe um ramo de pesquisas que se destina ao estudo de reações que são realizadas com catalisador. Um exemplo de utilização industrial de catalisadores está na produção do oxigênio (O_2) a partir do clorato de potássio ($KClO_3$) utilizando como catalisador o dióxido de manganês (MnO_2).



A respeito dos catalisadores e de suas reações, pode-se afirmar que:

- (a) as reações com catalisadores são reações que não podem ser realizadas sem a sua utilização.
- (b) as reações com catalisadores sempre fornecem maiores rendimentos.
- (c) o catalisador faz com que ocorra uma diminuição na energia de ativação, e com isso a reação ocorre mais rapidamente.
- (d) o catalisador faz com que ocorra um aumento na energia de ativação, e com isso a reação ocorre mais rapidamente.
- (e) os catalisadores também podem ser chamados de inibidores de produtos indesejados.

54 PUC-SP 2008 Determinada reação é realizada em duas condições distintas, na ausência e na presença de catalisador. O gráfico a seguir relaciona a energia do sistema com a coordenada de reação em cada caso.



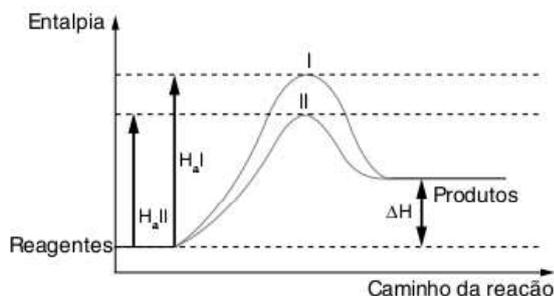
A análise do gráfico permite fazer as seguintes afirmações:

- I. As duas curvas representam processos exotérmicos.
- II. A curva II representa a reação na presença do catalisador.
- III. A presença do catalisador aumenta a energia liberada em relação à reação realizada na ausência do catalisador.
- IV. A presença do catalisador altera o caminho da reação, reduzindo a energia de ativação do processo.

Estão corretas apenas:

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

55 UFSC 2009 O gráfico a seguir refere-se à reação representada pela equação $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} + 68 \text{ kJ} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$, realizada sob pressão e temperatura constantes.



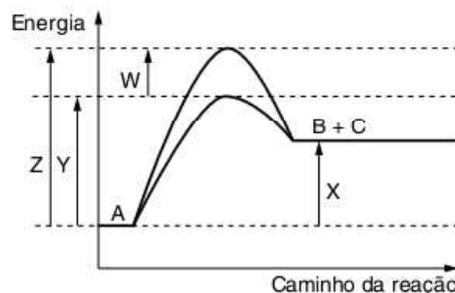
Teruko Y Utimura e Maria Linguanoto. *Química*. V. único. São Paulo: FTD, 1998, p. 252. (Adapt.).

Em relação a essa reação, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 Os reagentes N_2 e O_2 são consumidos com a mesma velocidade.
- 02 A reação representada pela curva II é mais rápida do que a representada pela curva I.
- 04 A presença de um catalisador reduzirá a energia de ativação da reação.
- 08 A entalpia de formação do $NO_{2(g)}$ é $68 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- 16 A curva II refere-se à reação catalisada e a curva I refere-se à reação não catalisada.
- 32 Um aumento de temperatura acarretaria uma diminuição na velocidade da reação acima representada.

Soma =

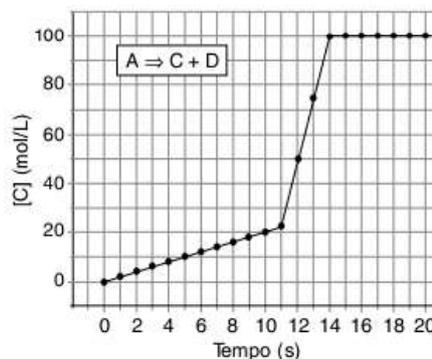
56 UEL 2007 As reações químicas podem ocorrer com absorção ou com liberação de energia. Considere o gráfico a seguir que representa a variação de energia para a transformação do reagente A nos produtos B e C.



A partir da análise do gráfico, é correto afirmar:

- (a) Essa é uma reação de síntese, endotérmica, cujo abaixamento da energia de ativação, pela adição do catalisador, é igual a X.
- (b) O ΔH para esta reação exotérmica é dado por X e a energia de ativação é dada por W.
- (c) O valor do ΔH , na presença do catalisador, é X, e na ausência dele é W.
- (d) O valor da energia de ativação é independente da presença ou ausência de catalisador.
- (e) Essa é uma reação de decomposição, endotérmica, cujo valor da energia de ativação, sem a presença de catalisador, é igual a Z.

57 UEM 2012 O gráfico a seguir representa a concentração do composto C em função do tempo para a reação destacada.



Com base na representação gráfica, assinale o que for correto.

- 01 A velocidade da reação de formação do composto C é igual a zero entre 14 e 20 s.
- 02 Pode-se supor que em 11 s foi adicionado um catalisador no meio reacional.
- 04 A velocidade da reação de formação do composto C é maior entre 0 e 10 s.
- 08 A velocidade instantânea de formação do composto C em 4 s é igual à velocidade média de formação do composto C entre 0 e 10 s.
- 16 A velocidade média de formação do composto C, no intervalo de 12 a 14 s, é igual a $50 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$.

Soma =

58 UFPA 2011 O aumento da frota de carros no Brasil tem, como consequência direta, o aumento da emissão de poluentes na atmosfera. A fim de minimizar essa problemática, os carros novos trazem um conversor catalítico, que é colocado no tubo de escapamento. O catalisador usado nesse conversor é formado de superfícies hexagonais com grande área, tipo colmeias, impregnadas com metais Pd, Rh e Mo, onde ocorrem as reações de conversão dos gases de escapamento, conforme ilustrado a seguir.

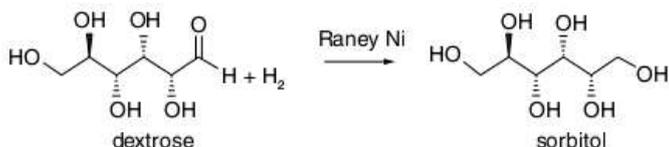


Fonte: R. L. Feltre. *Físico-Química*. 6 ed. São Paulo: Moderna, 2004. v. 3. p. 176. (Adapt.).

A respeito do catalisador automotivo, identifique as afirmativas corretas:

- Aumenta a velocidade da reação de conversão dos reagentes gasosos.
- Aumenta a variação da entalpia de conversão dos reagentes gasosos.
- Apresenta alta eficiência, quando aumenta a emissão de óxido nítrico.
- Diminui a energia de ativação da reação de conversão dos reagentes gasosos.
- Apresenta alta superfície de contato, promovendo maior interação entre os reagentes.

59 UFPR 2011 O níquel de Raney é um material poroso constituído de níquel metálico que possui diversas aplicações industriais. É produzido a partir de uma liga níquel-alumínio tratada com soda cáustica, que causa a dissolução do alumínio e ativação do material poroso formado. Uma das aplicações desse material é na hidrogenação de dextrose, um açúcar simples, em sorbitol, segundo equação química abaixo.



O sorbitol possui diversas aplicações, tais como adoçante, laxante e na indústria de cosméticos. A reação de hidrogenação da dextrose é bastante lenta na ausência de níquel de Raney e se torna economicamente viável na presença desse material.

- a) Qual a função do níquel de Raney na reação de hidrogenação de dextrose?
- b) Utilizando o modelo de estado de transição, como o níquel de Raney atua na velocidade de reação?

Lei da ação das massas

60 UFRGS 2007 A reação $\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{3(g)} \rightarrow \text{NO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ é uma reação elementar de segunda ordem. Se duplicarmos as concentrações do NO e do O_3 , mantendo constante a temperatura, a velocidade da reação:

- a) será reduzida à metade.
- b) permanecerá constante.
- c) será duplicada.
- d) será triplicada.
- e) será quadruplicada.

Texto para a questão 61.

Num balão de vidro, com um litro de capacidade e hermeticamente fechado, colocaram-se, a 25 °C e 1 atm, iguais concentrações iniciais de hidrogênio gasoso $[\text{H}_2]$ e de vapor de iodo $[\text{I}_2]$.

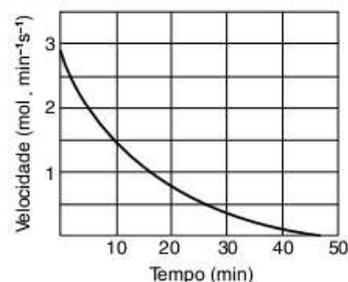
61 UFRN Em quaisquer concentrações iniciais, a equação da velocidade (v) da reação elementar de formação do ácido iodídrico (HI) deve ser escrita assim:

- a) $(k_1/k_2) [\text{H}_2] ([\text{I}_2]/[\text{HI}]^2) \text{ mol/L} \cdot \text{s}$
- b) $k_1 [\text{H}_2] [\text{I}_2] \text{ mol/L} \cdot \text{s}$
- c) $K [\text{HI}]^2/([\text{H}_2] [\text{I}_2]) \text{ mol/L} \cdot \text{s}$
- d) $k_1[\text{H}_2]^2 [\text{I}_2]^0 \text{ mol/L} \cdot \text{s}$

62 UFRGS 2006 Uma reação monomolecular de primeira ordem, em fase gasosa, ocorre com uma velocidade de $5,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ quando a concentração do reagente é de $2,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. A constante de velocidade dessa reação, expressa em min^{-1} , é igual a:

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

63 UFRGS 2007 Considere o gráfico a seguir, correspondente a uma reação elementar de primeira ordem.

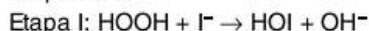


Com base nesse gráfico, é possível concluir que a meia-vida do reagente, expressa em minutos, é igual a:

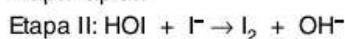
- a) 0,5
- b) 1,5
- c) 10
- d) 25
- e) 50

64 UFC 2006 Considere as seguintes reações elementares:

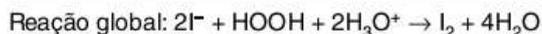
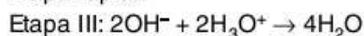
Etapa lenta



Etapa rápida

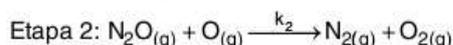
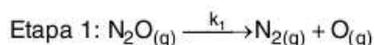


Etapa rápida



- Qual a etapa determinante da velocidade da reação?
- Apresente a expressão da lei de velocidade para a reação global.

65 UEL 2009 A contribuição do óxido nitroso (N_2O) para problemas ambientais tem despertado o interesse de cientistas, pois a sua ação no efeito e na depleção da camada de ozônio já está bem estabelecida. Acredita-se que a decomposição deste óxido em fase gasosa ocorra em duas etapas elementares, representadas pelas equações químicas a seguir.

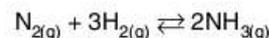


Dado: A lei de velocidade encontrada experimentalmente para a decomposição do óxido nitroso = $k[\text{N}_2\text{O}]$.

Assinale a alternativa correta.

- A equação global de decomposição é: $\text{N}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow \text{N}_{2(g)} + \text{O}_{(g)}$
- O átomo de oxigênio é um catalisador.
- A etapa 1 é a determinante da velocidade da reação global.
- A constante de velocidade k_1 é maior que a constante de velocidade k_2 .
- O produto da reação global é uma mistura heterogênea.

66 UERJ 2007 Em um experimento realizado em um reator fechado e na presença de um catalisador, sob condições controladas de temperatura e pressão, verificou-se a velocidade da seguinte reação:



Um cronômetro foi disparado no momento em que os reagentes foram postos em contato. Decorrido um determinado tempo T , foi atingido o estado de equilíbrio. A velocidade média da reação no período de tempo T foi igual a $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. No estado de equilíbrio, as concentrações dos reagentes nitrogênio e hidrogênio eram, respectivamente, $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Admita que a reação se comporte segundo a lei da ação das massas e que sua constante de equilíbrio seja igual a $6,4 \cdot 10^2 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{L}^2$.

Determine o tempo decorrido, em minutos, entre o início da reação e o momento em que o estado de equilíbrio é atingido. Em seguida, explique a consequência da retirada do catalisador sobre o valor da constante de equilíbrio.

TEXTO COMPLEMENTAR

Lei de Arrhenius

Por volta de 1890, já se sabia que um aumento na temperatura aumentava a velocidade das reações. Por exemplo, um aumento em 10 graus na temperatura em muitos casos dobra a velocidade da reação, no entanto as razões para isso não eram claras. Finalmente, em 1899, o químico sueco Svante Arrhenius (1859-1927) combinou os conceitos de energia de ativação e da lei de distribuição de Boltzmann em uma das relações mais importantes da físico-química:

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

- k → constante de velocidade;
- A → fator pré-exponencial;
- E_a → energia de ativação;
- R → constante universal dos gases;
- T → temperatura.

Deixando de lado por enquanto o fator A e olhando apenas para o fator $e^{-\frac{E_a}{RT}}$, observe que o sinal negativo em frente à fração implica que quanto menor a E_a , maior será o k , da mesma forma que, uma vez que R é uma constante, quanto maior for T , maior será o k .

Colocando essas informações em gráficos, pode-se veri-

ficar como varia o fator $e^{-\frac{E_a}{RT}}$ em função da energia de ativação. O gráfico a seguir ilustra duas curvas, uma a 0°C e outra a 100°C . Observe que em ambas, um pequeno aumento de 50 kJ na energia de ativação reduz a velocidade da reação em um fator de aproximadamente 10^8 .



PHOTOGRAFIE MEBERBICH BEFRAITH & CO./WIKIMEDIA COMMONS

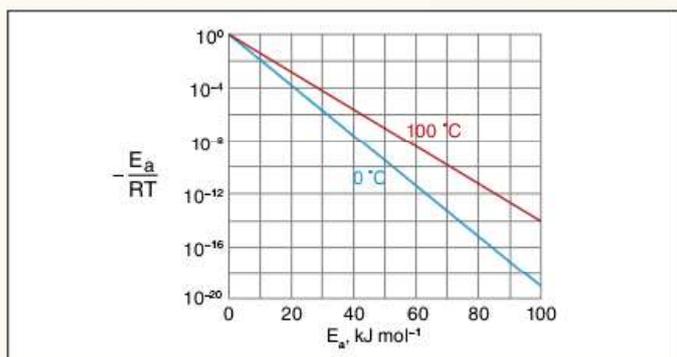


Fig. 16 Variação do fator $e^{-\frac{E_a}{RT}}$ \times a energia de ativação em kJ/mol.

Olhando agora para a variação da temperatura para determinada energia de ativação, verificamos um comportamento simi-

lar. O gráfico a seguir ilustra a variação do fator $e^{-\frac{E_a}{RT}}$ em função da temperatura para duas situações diferentes de energia de ativação, 20 kJ e 50 kJ.

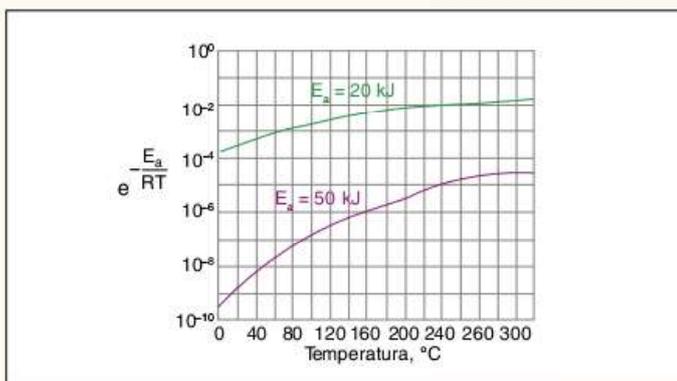


Fig. 17 Variação do fator $e^{-\frac{E_a}{RT}}$ \times temperatura em °C.

Determinando a energia de ativação

A equação de Arrhenius $\left(k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}\right)$ pode ser escrita de forma não exponencial, que é sempre mais conveniente para interpretar graficamente. Aplicando o logaritmo em ambos os lados da equação, temos:

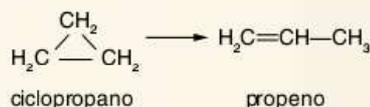
$$\ln k = \ln \left(Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \right) = \ln A + \ln \left(e^{-\frac{E_a}{RT}} \right)$$

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT}$$

Que consiste na equação de uma linha reta cuja inclinação é $-\frac{E_a}{R}$.

Isso proporciona uma maneira simples de determinar a energia de ativação a partir de valores de k observados a diferentes temperaturas: basta construirmos um gráfico de $\ln k$ como uma função de $1/T$.

Veja, por exemplo, a determinação da energia de ativação para a isomerização do ciclopropano em propeno:



Os seguintes valores de k foram obtidos experimentalmente para quatro diferentes temperaturas:

T (°C)	477	523	577	623
k (s ⁻¹)	1,8 · 10 ⁻⁴	2,7 · 10 ⁻³	3,0 · 10 ⁻²	2,6 · 10 ⁻¹

A partir destes dados pode-se construir a seguinte tabela:

1/T (K ⁻¹)	0,00133	0,00125	0,00118	0,0011
ln k	-8,62	-5,92	-3,51	-1,35

Construindo um gráfico com esses valores, pode se encontrar a reta e também sua inclinação:

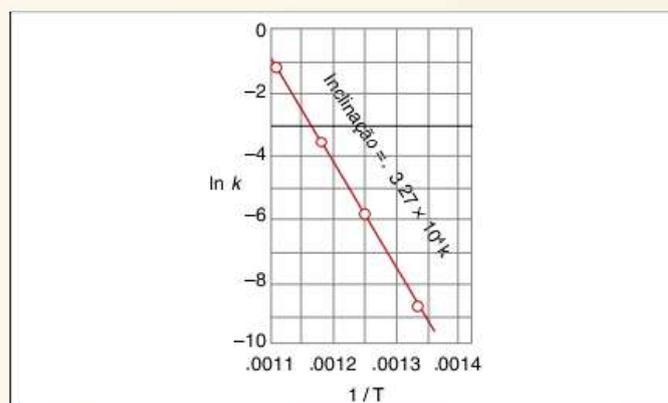


Fig. 18 $\ln k \times 1/T$.

A partir da inclinação calculada, temos:

$$-\frac{E_a}{R} = -3,27 \cdot 10^4 \text{ K}$$

$$E_a = (-8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \cdot (-3,27 \cdot 10^4 \text{ K}) = 272 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Observação: A energia de ativação calculada é relativamente alta, o que não é surpresa, uma vez que uma ligação carbono-carbono deve ser quebrada para que abra o anel de ciclopropano. Uma ligação carbono-carbono necessita de aproximadamente 350 kJ/mol para ser quebrada. No ciclopropano, a energia necessária é menor devido às tensões do anel. Por essa razão, essa reação deve ser realizada em altas temperaturas.

Existe ainda outra forma mais simples de se encontrar a energia de ativação de uma reação sem a necessidade de realizar vários experimentos e ter que construir um gráfico.

Considerando que $\ln k \cdot -1/T$ é uma reta, bastam duas temperaturas diferentes para que se obtenha a inclinação da reta e, portanto, a energia de ativação.

Para ver como isso é possível, considere duas temperaturas T_1 e T_2 e seus respectivos k_1 e k_2 :

$$\ln k_2 - \ln k_1 = \left(\ln A - \frac{E_a}{RT_2} \right) - \left(\ln A - \frac{E_a}{RT_1} \right) = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Resolvendo a equação para E_a , temos:

$$E_a = \frac{R \ln \frac{k_2}{k_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$$

Exercícios resolvidos

1 Uma regra amplamente utilizada para relacionar a velocidade da reação com a temperatura é dizer que um aumento de 10°C na temperatura duplica a velocidade da reação. Isto, obviamente, não é verdade, especialmente quando a reação envolve a quebra de uma ligação covalente. Mas, para uma reação mostrar esse comportamento, qual deve ser sua energia de ativação?

Resolução:

Considere que uma reação teve sua temperatura aumentada de 300 K para 310 K .

$$T_1 = 300\text{ K}$$

$$T_2 = 310\text{ K}$$

Considerando que $v = k[\text{reagentes}]$ e que $v_2 = 2v_1$, temos que $k_2/k_1 = 2$.

Substituindo na equação:

$$E_a = \frac{R \ln \frac{k_2}{k_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{8,314 \cdot \ln 2}{\frac{1}{300} - \frac{1}{310}} = \frac{8,314 \cdot 0,693}{0,00333 - 0,00322}$$

$$E_a = \frac{5,76}{0,00011} \therefore E_a = 52,4\text{ kJ/mol}$$

2 Normalmente, leva-se cerca de 3,0 minutos para cozinhar um ovo em Santos, mas em Campos do Jordão a água ferve a 92°C , de forma que um ovo demora 4,5 minutos para cozer. Considerando essas informações, estime a energia de ativação para a desnaturação da proteína ovalbumina.

Resolução:

$$T_1 = 365\text{ K}$$

$$T_2 = 373\text{ K}$$

$$k_2/k_1 = \frac{\frac{1}{3,0}}{\frac{1}{4,5}} = 1,5$$

Substituindo na equação:

$$E_a = \frac{R \ln \frac{k_2}{k_1}}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{8,314 \cdot \ln 1,5}{\frac{1}{365} - \frac{1}{373}} = \frac{8,314 \cdot 0,405}{0,00274 - 0,00268}$$

$$E_a = \frac{3,37}{0,00006} \therefore E_a = 56,2\text{ kJ/mol}$$

Exercício desafio

ITA Considere uma reação química endotérmica entre reagentes, todos no estado gasoso.

- Esboce graficamente como deve ser a variação da constante de velocidade em função da temperatura.
- 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.
- Descreva um método que pode ser utilizado para determinar a ordem da reação.

Fator pré-exponencial A

$$k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

\swarrow $Z \cdot \rho$
 Frequência de choques Fator estérico

O fator pré-exponencial foi deixado a parte até então porque não está envolvido diretamente com a temperatura e energia de ativação, que é a principal utilização prática da equação de Arrhenius. Mas, uma vez que A multiplica o termo exponencial, o seu valor claramente contribui para o valor da constante de velocidade e, portanto, na velocidade da reação.

Lembre-se que a parte exponencial da equação de Arrhenius expressa a fração de moléculas reagentes que possuem energia cinética suficiente para reagir, regulada pela lei de Maxwell-Boltzmann. A parte exponencial pode adquirir valores desde zero (nenhuma molécula possui energia para reagir) até próximo de um (quase todas as moléculas possuem energia para reagir), dependendo das magnitudes de E_a e da temperatura.

Se a parte exponencial chegar ao valor unitário, a lei de Arrhenius se reduz a:

$$k = A$$

Em outras palavras, A é a fração de moléculas que podem reagir se a energia de ativação for zero ou a energia cinética de todas as moléculas exceder a energia de ativação, o que seria um cenário bem incomum.

Então, o que limitaria a velocidade se não houvesse necessidade de energia de ativação?

O fator mais óbvio seria a velocidade a que as moléculas de reagente entram em contato. Isto pode ser calculado a partir da teoria cinética molecular e é conhecida como a frequência de colisão ou fator Z .

Outro fator é a orientação relativa das moléculas no ponto de colisão. Esse outro fator é chamado de fator geométrico ou estérico, comumente denotado por ρ .

Em geral, pode-se expressar A como sendo o produto desses dois fatores:

$$A = Z \cdot \rho$$

Os valores de ρ são difíceis de obter e normalmente são estimados comparando as constantes de velocidades observadas com a de reações em que $A = Z$.

RESUMINDO

- Cinética química: é a parte da química que estuda a velocidade das reações químicas e os fatores que alteram a velocidade.
- Velocidade da reação: é definida como a variação na quantidade de uma substância pelo intervalo de tempo durante o qual essa variação é observada.

$$v = \frac{\Delta(\text{quantidade})}{\Delta(\text{tempo})}$$

- Velocidade média das reações: $aA + bB \rightarrow cC + dD$

$$v = -\frac{\Delta[A]}{a \cdot \Delta t} = -\frac{\Delta[B]}{b \cdot \Delta t} = \frac{\Delta[C]}{c \cdot \Delta t} = \frac{\Delta[D]}{d \cdot \Delta t}$$

- Velocidade instantânea: é a variação da concentração de um dos componentes em determinado instante da reação. A velocidade instantânea é geralmente medida no início da reação, que é quando as concentrações são conhecidas.
- Mecanismos das reações (Teoria das colisões): segundo a teoria das colisões, a velocidade de uma reação química está relacionada com três fatores:
 - **Choque entre as moléculas:** quanto maior a frequência dos choques, maior será a velocidade das reações.
 - **Energia do choque:** o choque entre as moléculas deve ter energia suficiente para formar o complexo ativado (energia de ativação).
 - **Orientação do choque:** é necessário que as moléculas estejam orientadas adequadamente no instante do choque para que se forme o complexo ativado.
- Energia de ativação: é a energia necessária para que se alcance o complexo ativado de uma reação.
 - Reações com energia de ativação alta são lentas, enquanto baixas energias de ativação levam a reações mais rápidas.
- Fatores que alteram a velocidade das reações
 - Concentração dos reagentes: quanto maior a concentração dos reagentes, maior é a velocidade de uma reação.



A lei da velocidade de reação pode ser escrita como sendo:

$$v = k[A]^x \cdot [B]^y$$

Ordem da reação é a soma de x e y .

- Pressão dos reagentes: aumento da pressão aumenta a velocidade de reações em que existam reagentes gasosos.
- Temperatura: aumento da temperatura aumenta a velocidade de todas as reações.
- Superfície de contato: principalmente para reagentes sólidos, quanto maior for a superfície de contato entre reagentes, maior será a velocidade das reações.
- Catalisador: são substâncias que aceleram uma reação, mas que não são consumidas por ela e não aparecem na equação da reação global. Catalisadores funcionam diminuindo a energia de ativação da reação.
 - o Catálise homogênea: quando o catalisador e os reagentes estão em uma mesma fase, formando um sistema homogêneo.
 - o Catálise heterogênea: quando o catalisador está em fase diferente dos reagentes da reação, formando um sistema heterogêneo.
 - o Enzimas: são catalisadores biológicos naturais. São proteínas que possuem função catalítica altamente específica para determinada reação.

- Lei da ação das massas

- Reações elementares: são reações que ocorrem em uma única etapa. Para uma reação elementar do tipo:



a lei da velocidade de reação pode ser escrita como sendo:

$$v = k[A]^a \cdot [B]^b$$

- Reações em diversas etapas: são reações em que os passos são reações elementares consecutivas.
 - o Etapa determinante da velocidade: é a etapa lenta da reação, que pode ter sua velocidade descrita pela lei de ação de massas.

■ QUER SABER MAIS?



SITES

- http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc32_2/11-EQ-7109.pdf
- www.iqsc.usp.br/cursos/quimicogeral/catalise-dwt2.htm
- <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc28/10-EEQ-5506.pdf>
- <http://carros.hsw.uol.com.br/conversor-catalitico2.htm>

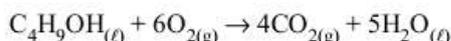
Exercícios complementares

Velocidade média

1 UEL 2006 A conservação de alimentos pode ser feita de diferentes modos: pelo uso de um meio fortemente salgado, capaz de promover a desidratação dos micro-organismos, como na carne seca; pela utilização de conservantes, como o benzoato de sódio, que reduzem a velocidade de oxidação e decomposição; ou pela diminuição da temperatura, reduzindo a velocidade da reação, uma vez que o aumento de 10 °C aproximadamente duplica a velocidade da reação. Supondo apenas o efeito da temperatura e considerando que, a temperatura ambiente (25 °C), a validade de um alimento é de 4 dias, sobre a sua durabilidade, quando conservado em geladeira a 5 °C, é correto afirmar:

- A velocidade de decomposição seria reduzida em aproximadamente um quarto.
- A velocidade de decomposição seria reduzida pela metade.
- O alimento teria um prazo de validade indeterminado.
- A durabilidade deste alimento é imprevisível.
- O alimento se deteriorará em uma semana.

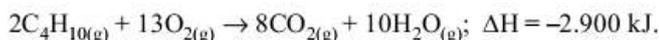
2 Uespi 2012 A combustão completa do butanol é representada pela equação:



Sabendo que em 1 hora de reação foram produzidos 15,84 kg de gás carbônico, é correto afirmar que a velocidade da reação acima, expressa em mols de butanol consumido por minuto, é: Dado: Massas molares (em g · mol⁻¹): H = 1,0; C = 12; O = 16.

- 1,5
- 3,0
- 4,5
- 6,0
- 7,0

3 UFPR 2007 Considere que um botijão de gás de cozinha, contendo gás butano (C₄H₁₀), foi usado durante 1 hora e 40 minutos e apresentou uma perda de massa de 580,0 g. Responda as questões a seguir com base na seguinte reação de combustão do butano:

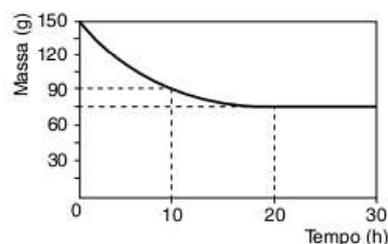


Massas atômicas: C = 12; H = 1; O = 16.

- Qual foi a quantidade de calor produzida devido à combustão do butano?
- Usando seus conhecimentos sobre gases ideais, qual é o volume de butano consumido a 25 °C e 1,0 bar? (Considere o volume molar de um gás ideal a 25 °C e 1,0 bar como 25,0 L).
- Qual foi a velocidade com que o CO₂ foi produzido em mol/min?

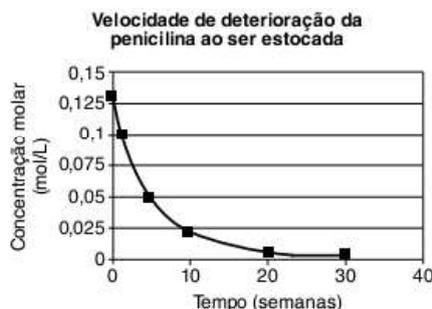
4 Uerj 2009 (Adapt.) Em 1860, Louis Pasteur, ao estudar o crescimento do fungo *Penicillium glaucum*, constatou que esse microrganismo era capaz de metabolizar seletivamente uma mistura dos isômeros ópticos do tartarato de amônio, consumindo o isômero dextrogiro e deixando intacto o isômero levogiro. O tartarato é o ânion divalente do ácido 2,3-diidroxibutanodioico, ou ácido tartárico.

Um químico, ao reproduzir o experimento de Pasteur, utilizou, inicialmente, 150 g de uma mistura racêmica de tartarato de amônio. O gráfico a seguir apresenta a variação da massa dessa mistura em função do tempo de duração do experimento.



Calcule a massa de d-tartarato remanescente após dez horas do início do experimento.

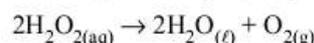
5 PUC-RS 2006 A penicilina, antibiótico natural derivado de um fungo e descoberto por Alexander Fleming, está disponível como fármaco desde a década de 40, quando foi desenvolvida técnica de congelamento e preparação industrial. Este antibiótico sofre uma deterioração com o tempo, conforme o gráfico apresentado a seguir:



Com base nas informações apresentadas, conclui-se que a velocidade de deterioração da penicilina nas primeiras dez semanas é, em mol · L⁻¹/semana, aproximadamente:

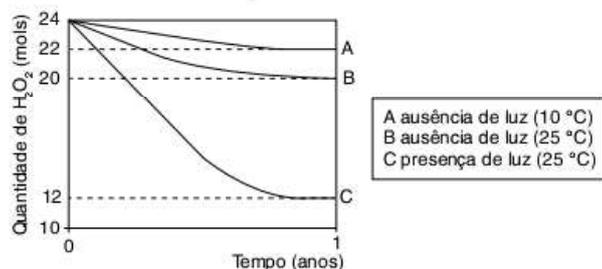
- 0,0025
- 0,01
- 0,025
- 0,125
- 0,166

6 Uerj 2009 A água oxigenada consiste em uma solução aquosa de peróxido de hidrogênio, que se decompõe, sob ação da luz e do calor, segundo a equação química:



Em um experimento, foi monitorada a quantidade de peróxido de hidrogênio em três frascos idênticos – A, B e C – de 1 L de água oxigenada, mantidos em diferentes condições de luminosidade e temperatura.

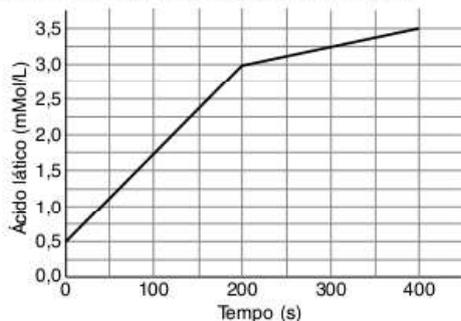
Observe os resultados no gráfico:



Na condição em que ocorreu a menor taxa de decomposição do peróxido de hidrogênio, a velocidade média de formação de O₂, em mol · ano⁻¹, foi igual a:

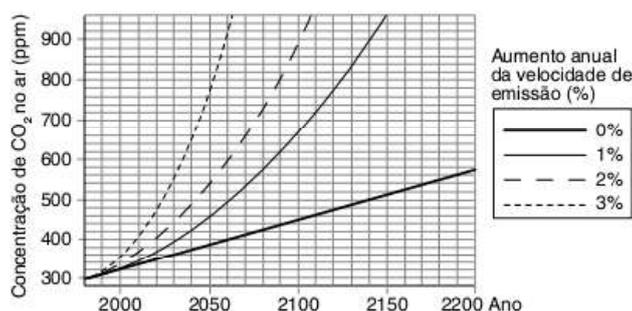
- (a) 1 (c) 6
(b) 2 (d) 12

7 UFRJ 2008 (Adapt.) Quando um atleta pratica exercícios físicos vigorosos, o oxigênio disponível na corrente sanguínea é rapidamente consumido, levando seu metabolismo a trabalhar em condições anaeróbicas. Nessas condições, o processo de geração de energia para a contração de músculos envolve a quebra de glicose (C₆H₁₂O₆), produzindo ácido láctico (C₃H₆O₃) e provocando fadiga muscular. O gráfico a seguir mostra a variação da concentração de ácido láctico no sangue de um atleta durante uma competição em função do tempo t.



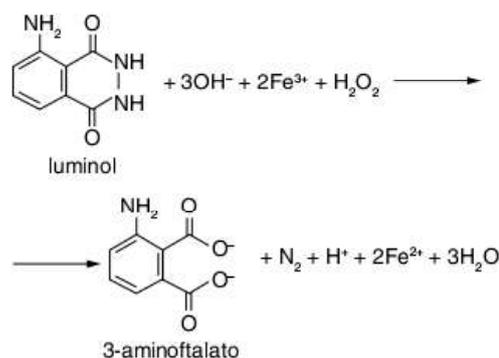
Calcule a taxa de formação de ácido láctico entre o estado de repouso (t = 0 s) e o instante t = 200 s.

8 UFRJ 2011 A figura a seguir apresenta projeções, resultantes de simulações computacionais, da concentração de dióxido de carbono, em ppm, na atmosfera terrestre até o ano de 2200. As projeções dependem do aumento anual da velocidade de emissão de dióxido de carbono.



- a) Determine a velocidade média de emissão do dióxido de carbono entre os anos de 2020 e 2050 para o pior cenário de emissão apresentado no gráfico.
- b) Sabe-se que a massa total de ar na atmosfera é de $5 \cdot 10^{21}$ g. Calcule a quantidade (em kg) de dióxido de carbono que estaria presente na atmosfera terrestre no ano de 2060 usando a projeção em que a velocidade de emissão é constante.

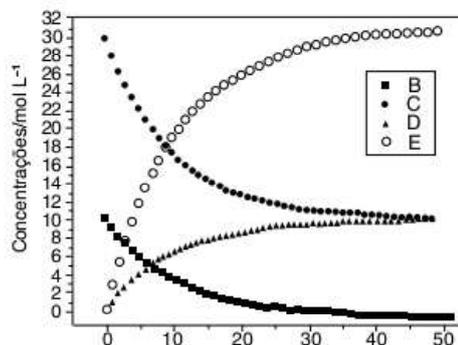
9 Uerj 2010 O luminol é uma substância utilizada na investigação de vestígios de sangue. O íon ferro III presente no sangue catalisa a reação de conversão do luminol em 3-aminoftalato, provocando a emissão de radiação luminosa por um determinado período de tempo. Observe a equação:



Em um processo de busca de vestígios de sangue, no qual foram empregados 3,54 mg de luminol, observou-se a emissão de luz por 1 minuto.

Admitindo-se que todo o luminol, cuja massa molar é de $177 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, foi consumido durante a emissão luminosa, calcule a velocidade média de formação de água, em $\text{g} \cdot \text{min}^{-1}$, e indique o número de oxidação do átomo de carbono primário do 3-aminoftalato.

10 PUC-MG 2006 Considere o gráfico a seguir, no qual estão representados o tempo e a evolução das concentrações das espécies B, C, D e E, que participam de uma reação química.



A forma correta de representar essa reação é:

- (a) B + 3 C → D + 2 E
(b) D + 2 E → B + 3 C
(c) B + 2 C → D + 3 E
(d) D + 3 E → B + 2 C

11 PUC-PR 2009 Os chamados vinhos de novas latitudes, como, por exemplo, os vinhos brasileiros produzidos no Nordeste, têm obtido destaque segundo a opinião de especialistas do mundo todo. Uma classe de compostos bastante interessante e comumente encontrada nos vinhos (em especial nos tintos) é a chamada polifenóis. Dentre várias substâncias dessa classe, pode-se destacar o resveratrol, uma fitoalexina (antibiótico sintetizado por vegetais) que aparentemente mimetiza diversos efeitos bioquímicos da restrição calórica.

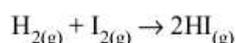
A velocidade de sua decomposição no organismo humano pode ser expressa pela equação:

$$V = [\text{res}]^2/pH$$

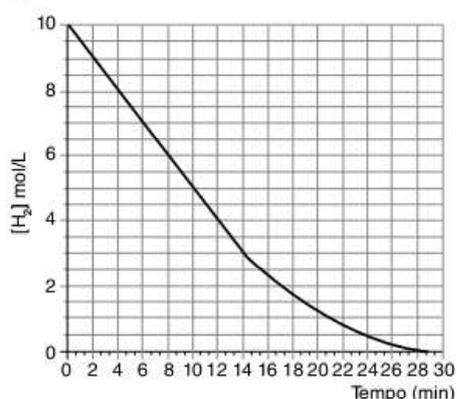
em que [res] corresponde à concentração de resveratrol (mol L^{-1}). Assim, pode-se afirmar que, quanto mais básico for o meio:

- (a) ocorre a aceleração de sua decomposição.
- (b) menor será a quantidade de resveratrol decomposto por unidade de tempo.
- (c) maior será a produção de vinho.
- (d) será menor a ação antibiótica do resveratrol.
- (e) maior o consumo de vinho.

12 UFRJ 2009 Um dos métodos de preparação de iodeto de hidrogênio com alto grau de pureza utiliza a reação direta entre as substâncias iodo e hidrogênio. Num experimento, 20 mols de iodo gasoso e 20 mols de hidrogênio gasoso foram colocados em um reator fechado com um volume útil igual a 2 litros. A mistura foi aquecida até uma determinada temperatura, quando ocorreu a reação representada a seguir. Considere a reação irreversível.

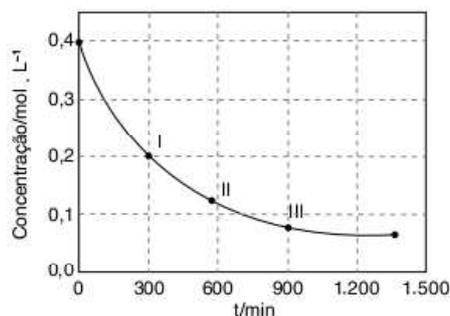


No experimento, a variação da concentração de $\text{H}_{2(g)}$ com o tempo de reação foi medida e os dados foram representados no gráfico a seguir:



- a) Calcule a velocidade inicial da reação.
- b) Calcule a concentração de iodeto de hidrogênio após 10 minutos de reação.

13 UFC (Adapt.) O gráfico adiante expressa a variação de concentração de uma determinada espécie em função do tempo de experimento, a uma temperatura constante, segundo uma cinética de primeira ordem.



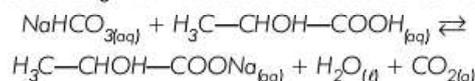
Em qual dos estágios – I, II ou III –, indicados na figura anterior, detecta-se a maior velocidade instantânea para essa reação? Justifique sua resposta.

Texto para a questão 14.

A qualidade do leite é avaliada através de análises específicas envolvendo a determinação de densidade, teor de gordura, rancidez, acidez e presença de substâncias estranhas usadas para o conservar ou mascarar a adição de água ao mesmo. A tabela a seguir mostra alguns materiais que já foram encontrados no leite e suas funções fraudulentas.

Materiais	Função
Formol	Conservar evitando a ação de microrganismos
Urina	"Disfarçar" a adição de água mantendo a densidade
Amido	"Disfarçar" a adição de água mantendo a densidade
Ácido bórico e boratos	Conservar o leite evitando a ação de microrganismos
Bicarbonato de sódio	"Disfarçar" o aumento de acidez, quando o leite está em estágio de deterioração

O formaldeído ou metanal é um gás incolor, com odor irritante e altamente tóxico. Quando em solução aquosa a 40% é conhecido como formol que, também, é utilizado como desinfetante. Desta forma, o formaldeído tem a propriedade de destruir microrganismos. O bicarbonato de sódio reage com o ácido láctico de acordo com a equação:



J. C. F. Lisboa; M. Bossolani. "Experiências Lácteas". In: Química Nova na Escola, n. 6, 1997. (Adapt.).

14 Ufpel 2007 A equação apresentada no texto mostra uma reação em que o ácido láctico se transforma em lactato de sódio e o bicarbonato se decompõe em água e gás carbônico. Suponha-se que 1×10^{-3} mol de moléculas de ácido láctico, com o passar do tempo sofra essa transformação, tendo sua quantidade diminuída conforme tabela.

Tempo em segundos	0	3	6	9	12	15
Nº de mols de moléculas de ácido láctico . 10^{-3}	1,000	0,380	0,290	0,224	0,176	0,140

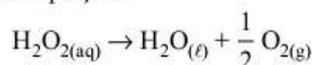
Considerando a quantidade de ácido láctico que reage (tabela) e a respectiva equação de sua reação (texto), analise as seguintes afirmativas.

- À medida que a reação se desenvolve sua velocidade diminui, isso porque a concentração dos reagentes diminui com o passar do tempo.
- Onúmero de mols de moléculas de H_2O que desaparece é o mesmo que o de ácido láctico, em cada intervalo de tempo.
- Entre 3 e 6 segundos, a velocidade de desaparecimento do ácido láctico é de $1,8 \cdot 10^{-3}$ mol/minuto.
- Se a quantidade inicial de bicarbonato (em mol de íons) for a mesma que a de ácido láctico (em mol de moléculas), por ser irreversível, a reação termina sem deixar sobras de reagentes.

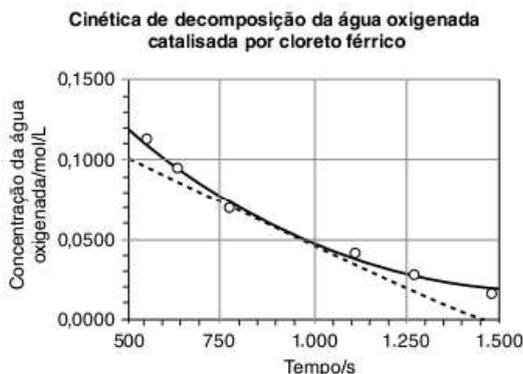
Entre as afirmativas analisadas, estão corretas, apenas:

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

15 UFMG 2006 A decomposição de água oxigenada, $H_2O_{2(aq)}$, produz água líquida, $H_2O_{(l)}$, e oxigênio gasoso, $O_{2(g)}$, conforme representado nesta equação:



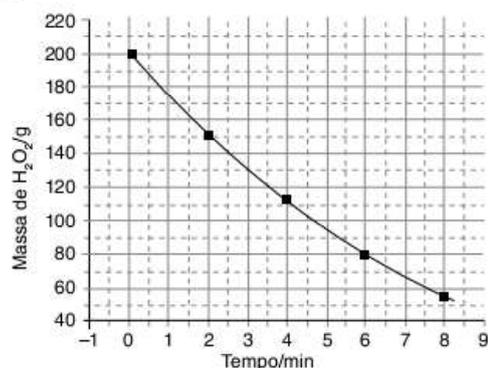
Para estudar a cinética dessa decomposição, um estudante realizou um experimento, em que acompanhou a reação, na presença do catalisador $FeCl_{3(aq)}$, determinando, periodicamente, a concentração da água oxigenada. O gráfico a seguir representa a variação da concentração de $H_2O_{2(aq)}$ em função do tempo. (A linha cheia foi obtida a partir dos dados experimentais.)



A velocidade de uma reação, em um dado instante t , é dada pelo valor da inclinação da reta tangente à curva de variação da concentração da água oxigenada em função do tempo, com sinal trocado. A linha tracejada no gráfico mostra a reta tangente para o tempo de 950 s.

- Utilizando a tangente tracejada, calcule a velocidade instantânea da reação de decomposição da água oxigenada no tempo de 950 s.
- Indique se a velocidade da reação diminui, permanece constante ou aumenta, à medida que o tempo de reação passa. Justifique sua resposta.
- Represente, qualitativamente, no gráfico, a curva da variação da concentração da água oxigenada em função do tempo, caso a concentração do catalisador $FeCl_{3(aq)}$ utilizado no experimento fosse reduzida à metade. Justifique a forma da nova curva representada.

16 UFPR 2006 (Adapt.) A reação de decomposição da água oxigenada ($2H_2O_{2(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + O_{2(g)}$; $\Delta H < 0$), quando acompanhada através da variação da massa de água oxigenada em função do tempo, revela o comportamento apresentado pelo seguinte gráfico:

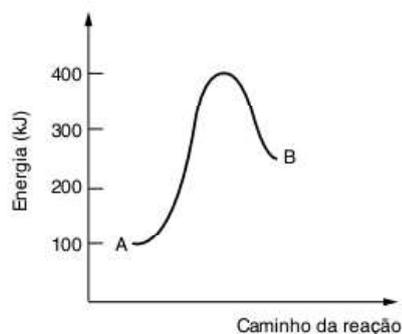


Com base no gráfico apresentado, responda:

- Qual a velocidade média de decomposição da água oxigenada no intervalo de 2 a 4 minutos? Expresse a velocidade em $g \cdot min^{-1}$.
- Sabendo que essa reação obedece à equação de Arrhenius, explique como o aumento da temperatura afeta a velocidade dessa reação.

Energia de ativação

17 UFRGS Observe o gráfico a seguir.

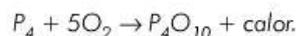


O perfil da reação genérica $A \rightarrow B$, nele representado, indica que a energia de ativação do processo, em kJ, é igual a:

- 100
- 150
- 250
- 300
- 400

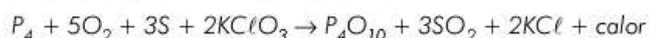
Texto para a questão 18.

O fósforo branco P_4 é tão reativo que deve ser guardado em água para não se inflamar espontaneamente:



O fósforo vermelho, muito mais seguro, encontra-se na lixa da coixinha de fósforos. Quando riscada, transforma-se em P_4 que pega fogo.

O calor gerado inicia a reação entre as substâncias presentes na cabeça do palito. A reação global é:

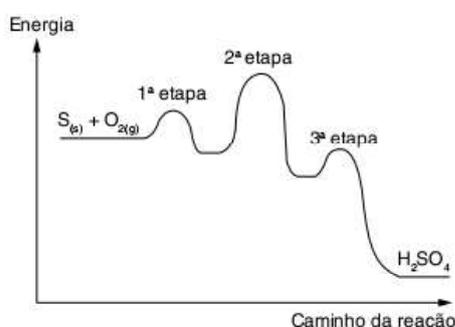


Luis Fernando Pereira. Folha de S. Paulo, 10 jun. 2004. (Adapt.).

18 Puccamp O fato do fósforo branco pegar fogo imediatamente, quando exposto ao ar, indica que esta transformação química:

- (a) é muito endotérmica.
- (b) é catalisada pelo O_2 do ar.
- (c) forma produtos com maior conteúdo energético do que os reagentes.
- (d) tem baixa energia de ativação.
- (e) atinge rapidamente o equilíbrio.

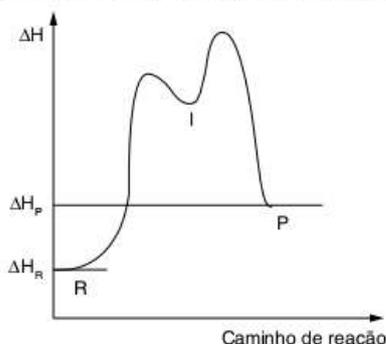
19 PUC-MG 2007 A fabricação industrial do ácido sulfúrico (H_2SO_4) é realizada a partir de enxofre, oxigênio e água, em 3 etapas, representadas pelo diagrama energético a seguir.



É correto afirmar:

- (a) A reação de fabricação do ácido sulfúrico é endotérmica.
- (b) A primeira etapa da reação é mais lenta que a segunda etapa da reação.
- (c) A segunda etapa da reação é mais lenta que a terceira etapa da reação.
- (d) A velocidade da reação não depende da temperatura.

20 IFBA 2012 A variação de entalpia de uma reação química, que ocorre a pressão constante, é representada pelo gráfico:



Admitindo que R corresponde aos reagentes, I ao intermediário e P aos produtos, é correto afirmar que:

- (a) a energia de ativação da segunda etapa da reação é maior que a energia de ativação da primeira etapa.
- (b) a variação de entalpia da reação é maior que zero. Desta forma, o processo global é endotérmico.

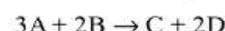
- (c) a adição de um catalisador aumenta a velocidade da reação, promovendo, também, aumento na variação de entalpia.
- (d) o calor de reação independe do estado de agregação dos reagentes e produtos.
- (e) a velocidade da reação depende apenas da concentração do intermediário I.

21 PUC-MG Considere a reação $\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}I_{2(g)} \rightarrow HI_{(g)}$ que possui uma energia de ativação de 170 kJ e uma variação de entalpia $\Delta H = +30$ kJ. A energia de ativação de decomposição do iodeto de hidrogênio é:

- (a) 30 kJ
- (b) 110 kJ
- (c) 140 kJ
- (d) 170 kJ

Fatores que alteram a velocidade da reação

22 EsPCEX (Aman) 2012 Os dados da tabela abaixo, obtidos experimentalmente em idênticas condições, referem-se à reação:



Experiência	Concentração de A [A] em mol . L ⁻¹	Concentração de B [B] em mol . L ⁻¹	Velocidade v em mol . L ⁻¹ . min ⁻¹
1	2,5	5,0	5,0
2	5,0	5,0	20,0
3	5,0	10,0	20,0

Baseando-se na tabela, são feitas as seguintes afirmações:

- I. A reação é elementar.
- II. A expressão da velocidade da reação é $v = K \cdot [A]^3 \cdot [B]^2$.
- III. A expressão da velocidade da reação é $v = K \cdot [A]^2 \cdot [B]^0$.
- IV. Dobrando-se a concentração de B, o valor da velocidade da reação não se altera.
- V. A ordem da reação em relação a B é 1 (1ª ordem).

Das afirmações feitas, utilizando os dados acima, estão corretas apenas:

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

23 Mackenzie 2012 A tabela mostra a variação da velocidade inicial da reação hipotética representada pela equação $A_{2(g)} + 2B_{(g)} \rightarrow C_{(g)}$, em função das concentrações iniciais dos reagentes utilizados no processo.

Experimento	[A] _{inicial} (mol/L)	[B] _{inicial} (mol/L)	Velocidade inicial (mol/L . min)	Temperatura (K)
1	1,0	1,0	0,4	338
2	2,0	1,0	0,2	298
3	1,0	1,0	0,1	298
4	2,0	2,0	0,4	298

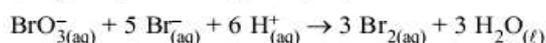
Interpretando-se a tabela, considere as afirmações I, II, III e IV a seguir.

- O valor da constante de proporcionalidade k é igual para todos os experimentos.
- A lei cinética da velocidade pode ser expressa pela equação $v = k \cdot [A] \cdot [B]$.
- Trata-se de uma reação cuja ordem global é 2.
- As ordens para os reagentes A e B são, respectivamente, zero e 2.

São verdadeiras, apenas as afirmações:

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

24 PUC-SP 2007 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.

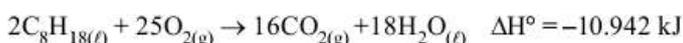
Exp.	$[\text{BrO}_3^-]_{\text{inicial}}$ (mol · L ⁻¹)	$[\text{Br}^-]_{\text{inicial}}$ (mol · L ⁻¹)	$[\text{H}^+]_{\text{inicial}}$ (mol · L ⁻¹)	Velocidade (mol · L ⁻¹ · s ⁻¹)
1	0,10	0,10	0,10	$1,2 \times 10^{-3}$
2	0,20	0,10	0,10	$2,4 \times 10^{-3}$
3	0,20	0,30	0,10	$7,2 \times 10^{-3}$
4	0,10	0,10	0,20	$4,8 \times 10^{-3}$

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

- $v = k [\text{BrO}_3^-] [\text{Br}^-] [\text{H}^+]$
- $v = k [\text{BrO}_3^-] [\text{Br}^-]^5 [\text{H}^+]^6$
- $v = k [\text{BrO}_3^-]^2 [\text{Br}^-]^6 [\text{H}^+]^4$
- $v = k [\text{BrO}_3^-] [\text{Br}^-]^3 [\text{H}^+]^2$
- $v = k [\text{BrO}_3^-] [\text{Br}^-] [\text{H}^+]^2$

Texto para a questão 25.

Se o suprimento de ar, na câmara de combustão de um motor de automóvel, for insuficiente para a queima do n-octano, pode ocorrer a formação de monóxido de carbono, uma substância altamente poluidora do ar atmosférico. Dados:



Os dados experimentais para a velocidade de reação, v , indicados no quadro a seguir, foram obtidos a partir dos resultados em diferentes concentrações de reagentes iniciais para a combustão do monóxido de carbono, em temperatura constante.

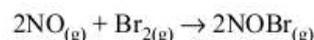
Experimento	CO (mol/L)	O ₂ (mol/L)	v (mol/Ls)
1	1,0	2,0	4×10^{-6}
2	2,0	2,0	8×10^{-6}
3	1,0	1,0	1×10^{-6}

A equação de velocidade para essa reação pode ser escrita como $v = k [\text{CO}]^a [\text{O}_2]^b$, onde a e b são, respectivamente, as ordens de reação em relação aos componentes CO e O₂.

25 UEL 2006 De acordo com os dados experimentais, é correto afirmar que respectivamente os valores de a e b são:

- 1 e 2.
- 2 e 1.
- 3 e 2.
- 0 e 1.
- 1 e 1.

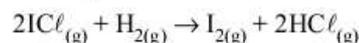
26 UEG 2007 Considere a fase gasosa da reação entre o óxido nítrico e a molécula de bromo a 273 °C. A velocidade inicial de formação do NOBr foi determinada experimentalmente para várias concentrações iniciais de NO e Br₂. Os resultados podem ser vistos na tabela a seguir.



Experimento	[NO]/mol L ⁻¹	[Br ₂]/mol L ⁻¹	v/mol L ⁻¹ s ⁻¹
1	0,10	0,20	24
2	0,25	0,20	150
3	0,10	0,50	60
4	0,35	0,50	735

- Determine a ordem de reação em relação ao NO e ao Br₂.
- Determine a constante de velocidade na temperatura considerada.

27 Uespi 2012 Três experimentos foram realizados para estudar a cinética da reação:

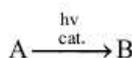


Experimento	Concentração inicial (mol/L)		Velocidade inicial (mol L ⁻¹ · s ⁻¹)
	ICl	H ₂	
1	1,5	1,5	$3,7 \times 10^{-7}$
2	3,0	1,5	$7,4 \times 10^{-7}$
3	3,0	4,5	22×10^{-7}

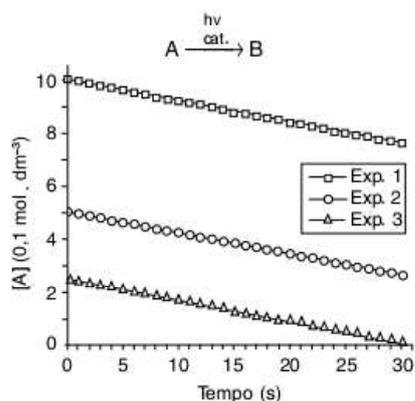
De acordo com os dados obtidos experimentalmente, a lei de velocidade para esta reação é:

- $v = k[\text{H}_2]^2$
- $v = k[\text{ICl}]^2$
- $v = k[\text{ICl}][\text{H}_2]$
- $v = k[\text{H}_2]$

28 UFPR 2012 Muitas reações que são extremamente lentas em condições “normais” tornam-se rápidas na presença de luz. Esse fenômeno consiste no estudo da fotoquímica. Num exemplo, uma certa molécula A é convertida num produto B, através da irradiação de luz ultravioleta e na presença de um catalisador, conforme indicado na equação a seguir:

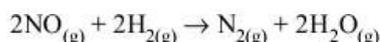


Numa sequência de três experimentos, a concentração inicial de A foi variada de 1,0 a 0,25 mol · dm⁻³, mantendo-se a mesma quantidade de catalisador e a mesma potência da fonte de luz ultravioleta. O gráfico abaixo corresponde ao monitoramento da concentração de A nos três experimentos em função do tempo.



- Escreva a equação da lei de velocidade para a reação de conversão de A em B. Qual a ordem em relação à espécie A?
- A partir dos dados fornecidos, estime o valor da constante cinética k para essa reação.

29 UFPR 2010 A reação entre NO e H₂, a uma dada temperatura, é descrita pela equação:



Como ocorre redução da pressão no decorrer da reação, a variação $\Delta P(\text{N}_2) / \Delta t$ pode ser medida pela diminuição da pressão total.

Expressão que descreve a lei de velocidade para essa reação:

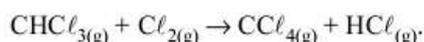
$$\frac{\Delta P(\text{N}_2)}{\Delta t} = k \cdot P(\text{H}_2)^a \cdot P(\text{NO})^b$$

	$P_0(\text{H}_2) / (\text{torr})$	$P_0(\text{NO}) / (\text{torr})$	$\Delta P(\text{N}_2) / \Delta t / (\text{torr} \cdot \text{s}^{-1})$ (velocidades iniciais)
1	289	400	1,60
2	147	400	0,77
3	400	300	1,03
4	400	152	0,25

Com base nessas informações, determine:

- os valores inteiros que melhor descrevam as ordens de reação a e b.
- a unidade da constante de velocidade, k.

30 Uece 2008 A ação anestésica do clorofórmio (CHCl₃) dá-se por esse ser muito volátil. Dessa forma, ele absorve calor da pele, a qual tem temperatura diminuída, então os nervos sensíveis, que mandam as informações ao cérebro, ficam inativos e a sensação de dor é diminuída. A tabela a seguir apresenta os dados de três experimentos da reação química dada por:

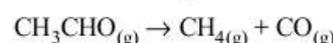


Exp.	[CHCl ₃] (mol/L)	[Cl ₂] (mol/L)	Velocidade inicial (mol/L · s)
1	0,01	0,04	10
2	0,20	0,25	500
3	1,00	0,25	2500

Usando esses dados, assinale o correto.

- A lei da velocidade é: $v = k[\text{CHCl}_3][\text{Cl}_2]$.
- A reação é de segunda ordem em relação ao clorofórmio.
- O valor da constante de velocidade é $k = 5 \times 10^3 (\text{mol/L})^{-\frac{1}{2}} \text{s}^{-1}$.
- A reação é de ordem três meios $\left(\frac{3}{2}\right)$ em relação ao cloro.

31 PUC-Rio Considere a reação de decomposição do aldeído acético, CH₃CHO, indicada a seguir:



A lei de velocidade da reação, a uma temperatura definida, é: $v = 0,045[\text{CH}_3\text{CHO}]^2$ onde 0,045 é a constante de velocidade. Assinale a alternativa a seguir que indica a razão v_1/v_2 , onde v_1 é a velocidade de reação quando a concentração inicial de CH₃CHO for 0,050 mol L⁻¹ e v_2 é a velocidade de reação quando a concentração inicial de CH₃CHO for 0,025 mol L⁻¹.

- 1
- 2
- 2,5
- 4
- Zero

32 Uerj A velocidade de reação V de uma enzima é dependente da concentração de seu substrato quando ele está em baixas concentrações; no entanto, quando essas concentrações são muito altas, V torna-se constante e é denominada velocidade máxima de reação ($V_{\text{máx}}$).

A tabela a seguir fornece algumas características das reações, determinadas em condições ideais, de uma mesma enzima atuando sobre três diferentes substratos, S₁, S₂ e S₃.

Substrato (S)	$V_{\text{máx}}$ (unidades)	Concentração de S quando $v = \frac{V_{\text{máx}}}{2}$ (mol · L ⁻¹)
S ₁	10	7×10^{-8}
S ₂	10	5×10^{-10}
S ₃	10	2×10^{-9}

Uma preparação desta enzima foi colocada em três frascos, adicionando-se a cada um deles um substrato diferente: S₁, S₂ ou S₃. Estes substratos são, assim, transformados nos produtos P₁, P₂ e P₃, respectivamente.

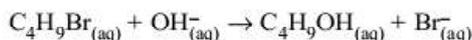
Considere que:

- a concentração de enzima foi a mesma em todos os frascos;
- a concentração de cada um dos substratos foi mantida constante e igual a $2 \times 10^{-9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, durante o experimento;
- as reações foram realizadas em condições ideais.

Ao fim de um minuto de reação, a ordem crescente das quantidades de produtos formados nos três frascos foi:

- (a) $P_1 < P_3 < P_2$ (c) $P_2 < P_3 < P_1$
 (b) $P_1 < P_2 < P_3$ (d) $P_3 < P_1 < P_2$

33 UFPE 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.

- 1) A lei de velocidade da reação pode ser escrita como: $v = k [C_4H_9Br] [OH^-]$ e, portanto, a reação é de segunda ordem.
- 2) A lei de velocidade da reação pode ser escrita como: $v = k [C_4H_9Br]$ e, portanto, a reação é de primeira ordem.
- 3) 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^- .
- 4) Se a concentração de íons OH^- triplicar, a velocidade da reação não se altera.
- 5) A meia-vida, $t\left(\frac{1}{2}\right)$, independe da concentração inicial dos reagentes.

Estão corretas:

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

34 ITA 2010 Assinale a opção que apresenta a afirmação correta sobre uma reação genérica de ordem zero em relação ao reagente X.

- (a) A velocidade inicial de X é maior que sua velocidade média.
 (b) A velocidade inicial de X varia com a concentração inicial de X.
 (c) A velocidade de consumo de X permanece constante durante a reação.
 (d) O gráfico do logaritmo natural de X *versus* o inverso do tempo é representado por uma reta.
 (e) O gráfico da concentração de X *versus* tempo é representado por uma curva exponencial decrescente.

35 Ufal 2007 A sabedoria popular diz que o “fogo de palha queima rápido”. Quando se compara a queima de um tronco de árvore com a da palha derivada de um vegetal nota-se a veracidade desse dito popular. O aumento da velocidade de reação de combustão da palha quando comparada à combustão do tronco deve-se:

- (a) à formação de produtos diferentes de reação.
 (b) à diferente composição da celulose nas células vegetais.
 (c) ao maior conteúdo de água na palha.

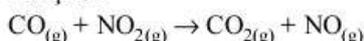
- (d) à presença de substâncias voláteis na palha.
 (e) à maior superfície de contato entre os reagentes (celulose e oxigênio).

36 UFSM Entre os guaranis, a liderança religiosa de uma tribo era atribuição do pajé, que se servia do fogo para fazer suas curas e mágicas. A pólvora era o seu artefato preferencial. Os componentes da mistura da pólvora (carvão, salitre e enxofre) eram triturados para:

- (a) aumentar a superfície de contato e a velocidade da reação.
 (b) diminuir a intensidade da reação e, assim, manter o fogo por mais tempo.
 (c) elevar a temperatura do fogo por um tempo maior.
 (d) facilitar o trabalho operacional.
 (e) se obter maior tempo de fogo, com menor quantidade de pólvora.

37 UFMG Duas reações químicas foram realizadas em condições diferentes de temperatura e de estado de agregação das substâncias, conforme descrito a seguir:

Reação I

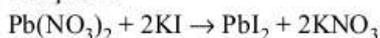


Experimento 1 – Temperatura igual a 25 °C.

Experimento 2 – Temperatura igual a 250 °C.

(As demais condições são idênticas nos dois experimentos.)

Reação II



Experimento 3 – Os dois reagentes foram utilizados na forma de pó.

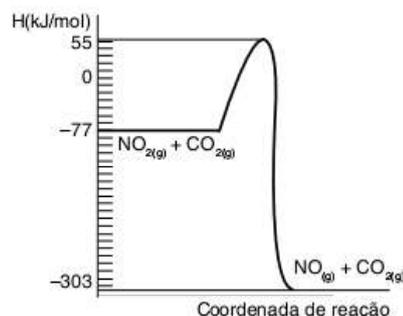
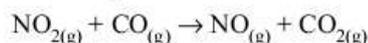
Experimento 4 – Os dois reagentes foram utilizados em solução aquosa.

(As demais condições são idênticas nos dois experimentos.)

Comparando-se as velocidades de reação em cada par de experimentos (V_1 com V_2 ; V_3 com V_4), é correto afirmar que:

- (a) $V_2 > V_1$ e $V_3 = V_4$.
 (b) $V_1 > V_2$ e $V_3 > V_4$.
 (c) $V_2 > V_1$ e $V_4 > V_3$.
 (d) $V_1 > V_2$ e $V_3 = V_4$.

38 PUC-SP 2007 O dióxido de nitrogênio (NO_2) reage com o monóxido de carbono (CO) formando o óxido nítrico (NO) e o dióxido de carbono (CO_2).



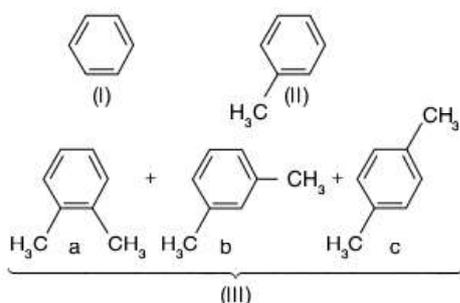
Analisando o diagrama de coordenadas de reação apresentado, um estudante fez as seguintes afirmações:

- I. A energia de ativação para a formação do óxido nítrico é de 132 kJ mol^{-1} .
- II. A formação do óxido nítrico é um processo endotérmico.
- III. O aumento da temperatura do sistema reacional diminui a velocidade de formação do óxido nítrico, pois aumenta a energia de ativação da reação.

Está(ão) correta(s) somente a(s) afirmação(ões):

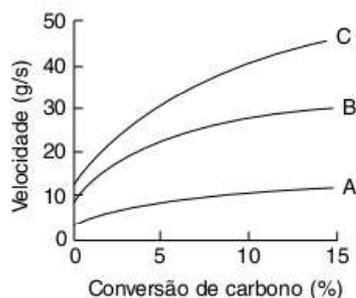
- (a) I. (c) III. (e) I e III.
- (b) II. (d) I e II.

39 UFPA A composição de carvões minerais varia muito, mas uma composição média comum (em % m/m) é a seguinte: 80% carbono, 10% materiais diversos, 4% umidade e 5% de matéria volátil. Por isso, além de energia, o carvão pode ser fonte de vários compostos químicos. De sua fração volátil, pode-se obter hidrocarbonetos aromáticos simples. A importância destes hidrocarbonetos pode ser avaliada com base no seu consumo anual no mundo, que é de aproximadamente 25×10^6 toneladas. Dessa quantidade, em torno de 20% são obtidos pela conversão de parte da fração volátil do carvão mineral. As fórmulas estruturais de alguns destes hidrocarbonetos aromáticos estão representadas a seguir.



Experimentos de gaseificação de três carvões minerais produziram os resultados mostrados na tabela e no gráfico.

Parâmetro	Amostra de carvão		
	A	B	C
Energia ativação (kJ/mol)	266	245	222
Superfície de contato (m^2/g)	1,6	2,5	37,3



Comparando os resultados dos experimentos, é correto afirmar que:

- (a) os valores da energia de ativação e da velocidade de gaseificação são diretamente proporcionais.
- (b) os aumentos na energia de ativação e na superfície de contato aumentam a velocidade de reação.
- (c) os valores da superfície de contato e da velocidade de gaseificação são diretamente proporcionais.
- (d) nenhum dos fatores citados na tabela influencia a velocidade da reação.
- (e) a quantidade de matéria dos produtos formados pelas amostras de carvão (A, B e C), dentro de um mesmo intervalo de tempo, é tal que $A > B > C$.

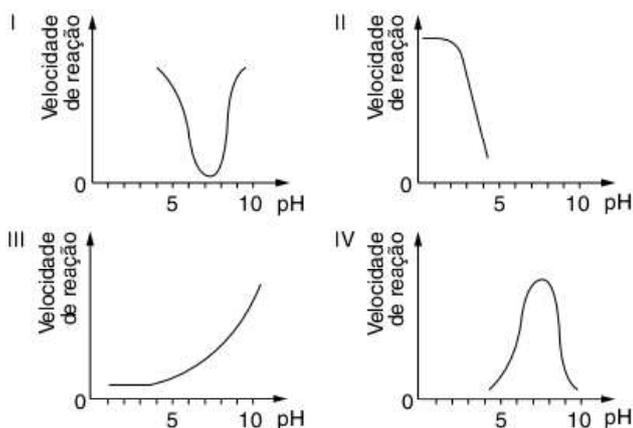
40 UFPR 2012 A utilização de sabões para limpeza data de mais de 4000 anos. Os sabões são constituídos de moléculas anfífilas, que contêm uma porção hidrofóbica e uma hidrofílica, e conseqüentemente atuam como tensoativos. Além da ação física do sabão no processo de remoção de sujeiras, há também a ação química, em que ocorre reação entre as moléculas anfífilas e a sujeira, principalmente gorduras. Mesmo sem conhecimento científico, muitas pessoas constataam que a lavagem com sabão utilizando água quente é mais eficiente que com água fria. Com relação à ação dos sabões, considere as seguintes afirmativas:

- 1) A velocidade de remoção de sujeiras (à base de gorduras) de uma roupa é aumentada em altas temperaturas, pois nessa condição há maior frequência de choques entre as moléculas.
- 2) O processo de solubilização da sujeira envolve interação entre a parte hidrofóbica do tensoativo e a gordura, deixando a parte hidrofílica exposta na superfície que interage com o solvente.
- 3) A maior eficiência de lavagem em temperaturas mais altas implica que a reação entre o tensoativo e a sujeira é um processo endotérmico.
- 4) Em temperaturas superiores à temperatura de fusão de gorduras da sujeira, a velocidade de remoção é aumentada, em função da maior superfície de contato.

Assinale a alternativa correta.

- (a) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- (b) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- (c) Somente as afirmativas 1, 2 e 4 são verdadeiras.
- (d) Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- (e) As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.

41 Uerj 2006 A sacarose é uma importante fonte de glicídios alimentares. Durante o processo digestivo, sua hidrólise é catalisada pela enzima sacarase ou invertase. Em um laboratório, essa hidrólise foi feita por aquecimento, em presença de HCl . As variações da velocidade de reação da hidrólise da sacarose em função do pH do meio estão mostradas em dois dos gráficos a seguir.



Aqueles que representam a hidrólise catalisada pela enzima e pelo HCl são, respectivamente, os de números:

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

42 ITA 2011 Considere dois cilindros idênticos (C1 e C2), de paredes rígidas e indeformáveis, inicialmente evacuados. Os cilindros C1 e C2 são preenchidos, respectivamente, com $O_{2(g)}$ e $Ne_{(g)}$ até atingirem a pressão de 0,5 atm e temperatura de 50 °C. Supondo comportamento ideal dos gases, são feitas as seguintes afirmações:

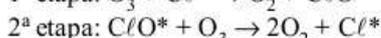
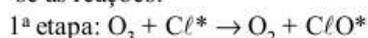
- I. O cilindro C1 contém maior quantidade de matéria que o cilindro C2.
 II. A velocidade média das moléculas no cilindro C1 é maior que no cilindro C2.
 III. A densidade do gás no cilindro C1 é maior que a densidade do gás no cilindro C2.
 IV. A distribuição de velocidades das moléculas contidas no cilindro C1 é maior que a das contidas no cilindro C2.

Assinale a opção que apresenta a(s) afirmação(ões) correta(s).

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

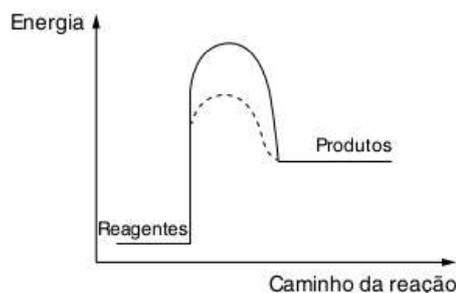
Catalisador

43 Unesp Há décadas são conhecidos os efeitos dos CFCs, ou freons, na destruição da camada de ozônio da atmosfera terrestre. Acredita-se que a diminuição da quantidade de O_3 na atmosfera seja responsável pelo aumento na incidência de câncer de pele, pois a radiação ultravioleta não mais é bloqueada com a mesma eficiência. A ação destes gases, como o CF_2Cl_2 , inicia-se com a produção de átomos de cloro livres (Cl^*), pela interação das moléculas do gás com a radiação solar, seguindo-se as reações:



- a) Escreva a equação global para esta reação e identifique o produto formado.
 b) Considere a afirmação: "O mecanismo proposto para a destruição da camada de ozônio equivale a uma reação catalisada". Justifique esta afirmação e identifique o catalisador.

44 UFRGS 2008 A figura a seguir representa o esquema energético de uma reação genérica reversível, processo simples realizado em uma única etapa e que pode ocorrer sem catálise (linha cheia) ou com catálise (linha tracejada).



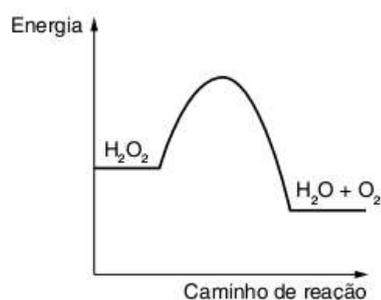
Sobre essa reação, são feitas as seguintes afirmações.

- I. A reação direta é endotérmica.
 II. A reação inversa é mais rápida na presença de catalisador.
 III. O rendimento da reação direta é aumentado com o uso do catalisador.

Qual(ais) está(ão) correta(s)?

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

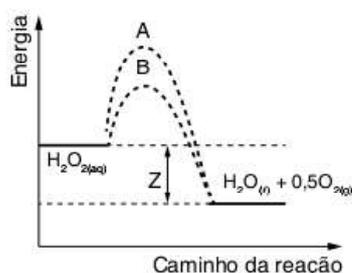
45 UFTM 2012 O gráfico apresenta a variação de energia em função do sentido da reação, para decomposição do peróxido de hidrogênio.



Quanto à decomposição do peróxido de hidrogênio, podemos afirmar que:

- (a) a reação é exotérmica, porque há liberação de energia.
 (b) a reação ocorre com absorção de energia.
 (c) na presença de um catalisador, ocorre aumento da energia de ativação.
 (d) na presença de um catalisador, ocorre diminuição do calor de reação.
 (e) o peróxido de hidrogênio é uma mistura homogênea de água e gás oxigênio.

46 UFJF Considere o diagrama de energia da reação de decomposição do H_2O_2 representado.



Assinale a alternativa incorreta.

- (a) A reação de decomposição do H_2O_2 é exotérmica.
- (b) A curva "A" apresenta maior energia de ativação que a curva "B".
- (c) A presença de um catalisador afeta o ΔH da reação.
- (d) A curva "B" representa a reação com a presença de um catalisador.
- (e) A letra "Z" representa o ΔH da reação de decomposição do H_2O_2 .

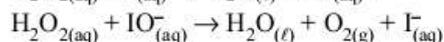
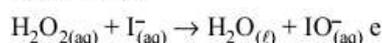
47 FGV 2007 A indústria petroquímica é comumente dividida em três segmentos: as empresas de primeira, de segunda e de terceira geração. As empresas de primeira geração são produtoras de petroquímicos básicos denominados "commodities". Nessas empresas, o esforço tecnológico atual é fortemente voltado para o aumento de eficiência de processo, tanto para aumento de produtividade como para melhoria no grau de pureza do produto, através, principalmente, do desenvolvimento de melhores catalisadores e do controle de processo. Referente à atuação de um catalisador em um processo químico, afirma-se que o catalisador:

- I. diminui a energia de ativação da reação;
- II. aumenta a velocidade da reação;
- III. desloca o equilíbrio da reação favorecendo a formação do produto;
- IV. torna o processo exotérmico.

Dessas afirmativas, são corretas aquelas citadas apenas em:

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

48 UFU Acredita-se que a decomposição do peróxido de hidrogênio, na presença de íons iodeto, acontece pelo seguinte mecanismo:



Na proposta de mecanismo, $\text{I}^-_{(aq)}$ é:

- (a) um produto da reação global.
- (b) um reagente da reação global.
- (c) o complexo ativado do mecanismo.
- (d) um catalisador.

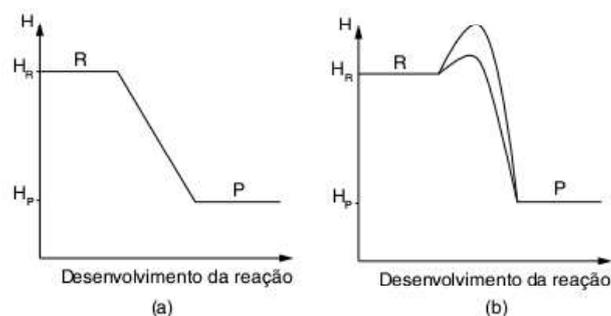
49 UFPA 2012 Cientistas britânicos identificaram o momento em que a ligação CO, a mais forte entre as moléculas diatômicas, quebra sob a ação de um catalisador de ouro. O monóxido de carbono (CO) envenena o sangue ao ligar-se à hemoglobina, por impedir o transporte de oxigênio no corpo. Assim, sua transformação a dióxido de carbono é um processo essencial para aplicações de preservação da vida, como em submarinos, indústrias de mineração e viagens espaciais. Nessa linha de pesquisa, Graham Hutchings, Albert Carley e colegas da Universidade de Cardiff investigaram o mecanismo de reação que ocorre em um catalisador $\text{Au}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ e descobriram que o CO se dissocia à temperatura ambiente, quando co-adsorvidos com O_2 .

Disponível em: <www.rsc.org/chemistryworld/News/2010/December/10121001.asp>.

A partir desse texto, sob o ponto de vista da química, é correto afirmar que:

- (a) a ligação na molécula de CO é a mais forte porque os átomos que a constituem apresentam grande diferença de eletronegatividade, atraindo-se mutuamente de maneira intensa.
- (b) há formação de CO somente em ambientes fechados.
- (c) a reação de transformação do CO só pode ocorrer à temperatura ambiente porque é um processo exotérmico e por isso não precisa absorver energia.
- (d) a adsorção simultânea de CO e O_2 levará a uma reação de redução do CO, liberando duas moléculas de O_2 ; o que contribui para a preservação da vida.
- (e) $\text{Au}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ diminui a energia de ativação do estado de transição da reação de transformação do CO.

50 PUC-Rio 2009 Para as reações que ocorrem com troca de calor, sob pressão constante, a variação de entalpia (ΔH) é dada pela diferença entre a entalpia dos produtos (H_P) e entalpia dos reagentes (H_R), conforme indicado nas figuras a seguir.



Sobre reações que ocorrem com troca de calor e analisando os gráficos, é correto afirmar que:

- (a) ambos representam processos endotérmicos.
- (b) no gráfico (b) a diminuição da barreira de energia de ativação pode ser atribuída à presença de um catalisador.
- (c) processos exotérmicos absorvem calor do meio reacional.
- (d) quanto maior a energia de ativação, mais rápida será a reação.
- (e) o aumento da concentração dos reagentes não altera a velocidade das reações químicas; apenas o catalisador altera.

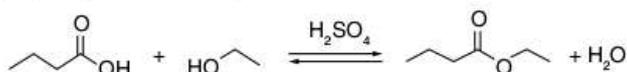
51 PUC-MG A água oxigenada ou solução aquosa de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é uma espécie oxidante bastante utilizada no dia a dia: descoloração dos cabelos, desinfecção de lentes de contato, de ferimentos, etc. A sua decomposição produz liberação de oxigênio e é acelerada por alguns fatores como a exposição à luz ou a catalisadores $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{2+}$, $\text{Fe}_{(\text{aq})}^{3+}$ e $\text{Pt}_{(\text{s})}$. Um estudo da cinética da reação foi realizado seguindo as condições experimentais descritas na tabela a seguir:

Tempo de duração do experimento	Temperatura °C	Catalisador
t_1	20	sem
t_2	25	sem
t_3	35	com
t_4	35	sem

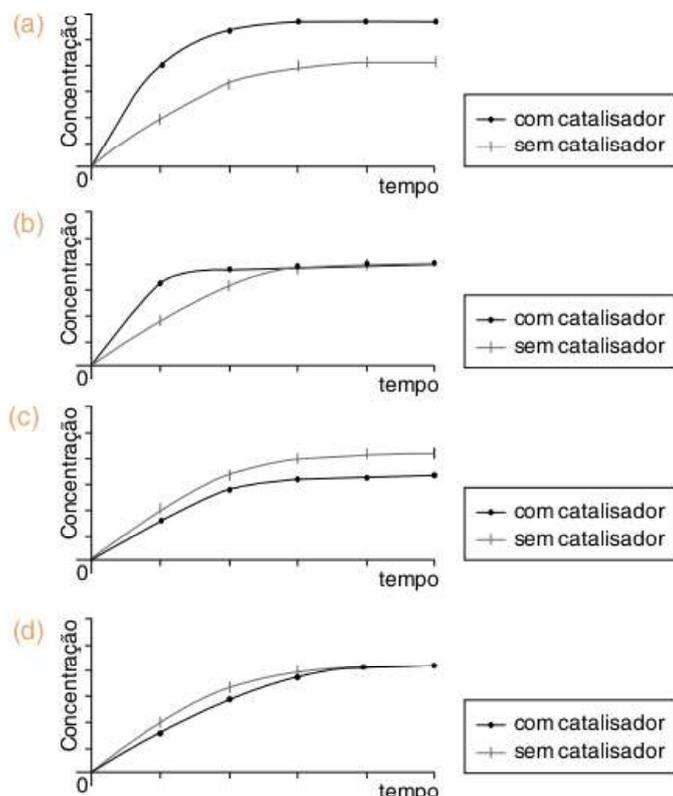
Assinale a opção que classifica, de forma crescente, os tempos de duração dos experimentos.

- (a) t_1, t_2, t_4, t_3 . (c) t_2, t_1, t_3, t_4 .
 (b) t_3, t_4, t_2, t_1 . (d) t_4, t_3, t_1, t_2 .

52 Uerj 2011 A fim de aumentar a velocidade de formação do butanoato de etila, um dos componentes do aroma de abacaxi, emprega-se como catalisador o ácido sulfúrico. Observe a equação química desse processo:

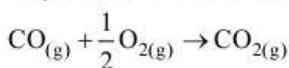


As curvas de produção de butanoato de etila para as reações realizadas com e sem a utilização do ácido sulfúrico como catalisador estão apresentadas no seguinte gráfico:

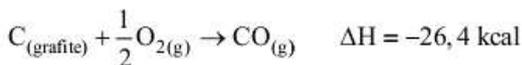
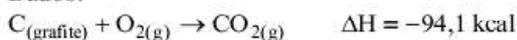


53 UFU 2011 De modo a diminuir a poluição e a concentração de gases nocivos à saúde e ao meio ambiente nos grandes centros urbanos, a indústria automobilística americana, em meados dos anos 1970, começou a fabricar os primeiros carros equipados com catalisadores como itens de série (no Brasil, os primeiros carros equipados com catalisadores surgiram em 1992 e, somente a partir de 1997, o equipamento foi adotado em todos os veículos produzidos no país). O catalisador também impulsionou a utilização da gasolina sem chumbo (chumbo tetraetila), visto que a gasolina com chumbo contamina o agente catalisador usado no conjunto, destruindo sua utilidade e levando-o a entupir, além dos danos que o chumbo provoca à saúde humana.

Em um catalisador automotivo, ocorrem várias reações químicas, sendo uma das mais importantes:



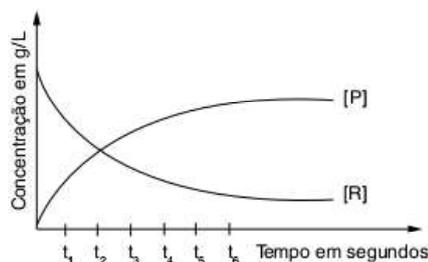
Dados:



Baseado no texto e na reação acima, responda:

- Identifique se a reação é endotérmica ou exotérmica a partir do cálculo da variação de sua entalpia.
- Explique qual a função do catalisador automotivo no desenvolvimento da reação (velocidade), na energia de ativação e na variação da entalpia da reação de decomposição do monóxido de carbono.
- Cite e explique um impacto ambiental da liberação do gás carbônico pelos automóveis, apontando duas maneiras de minimizar tal impacto.

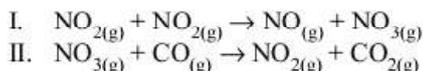
54 UFG 2010 O gráfico a seguir representa o estudo cinético de uma reação $\text{R} \rightarrow \text{P}$.



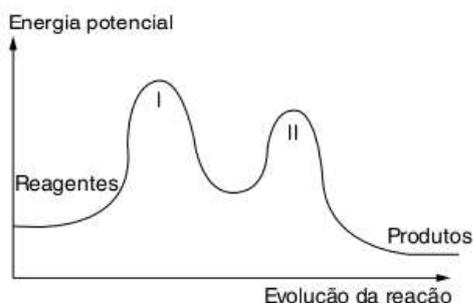
Sabendo-se que o consumo do reagente se dá conforme a equação $[\text{R}] = 1/t$, e a formação do produto pela equação $[\text{P}] = 1 - 1/t$, com t , o tempo, em segundos:

- determine o instante, em segundos, em que a concentração dos reagentes é igual à dos produtos;
- represente o gráfico do estudo cinético após a adição de um catalisador.

55 Unifesp 2006 Estudos cinéticos da reação entre os gases NO_2 e CO na formação dos gases NO e CO_2 revelaram que o processo ocorre em duas etapas:



O diagrama de energia da reação está esquematizado a seguir.

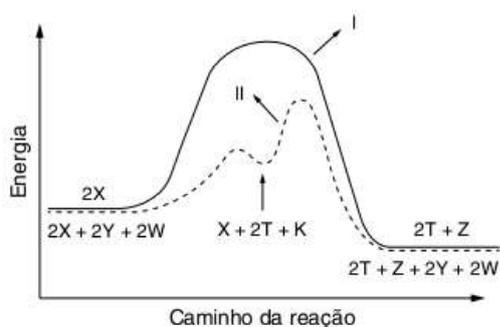


- Apresente a equação global da reação e a equação da velocidade da reação que ocorre experimentalmente.
- Verifique e justifique se cada afirmação a seguir é verdadeira:
 - A reação em estudo absorve calor;
 - A adição de um catalisador, quando o equilíbrio é atingido, aumenta a quantidade de gás carbônico.

56 UFC 2009 Quanto menor for o valor da energia de ativação de uma reação, maior será a velocidade reacional. Do mesmo modo, quanto maior for a concentração dos reagentes, maior será a velocidade de formação dos produtos. Com base nessas informações, responda o que se pede a seguir.

- O aumento da concentração dos reagentes implica decréscimo no valor da energia de ativação? Justifique sua resposta.
- Represente graficamente, para uma reação endotérmica, a variação da energia ($\text{kcal} \cdot \text{mol}^{-1}$) como função do caminho da reação, considerando o processo sem catalisador e com catalisador.

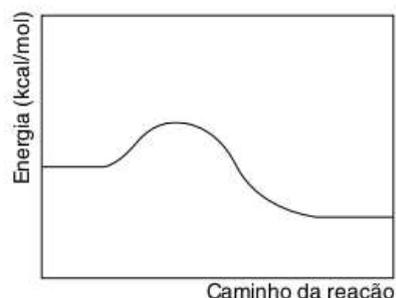
57 ITA 2011 A figura mostra o perfil reacional da decomposição de um composto X por dois caminhos reacionais diferentes, I e II. Baseado nas informações apresentadas nessa figura, assinale a opção errada.



- O caminho reacional II envolve duas etapas.
- A quantidade de energia liberada pelo caminho reacional I é igual a do caminho reacional II.

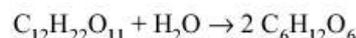
- O composto K é um intermediário no processo reacional pelo caminho II.
- O caminho reacional I mostra que a decomposição de X é de primeira ordem.
- O caminho reacional II refere-se à reação catalisada.

58 ITA 2008 A reação de combustão $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{SO}_{3(g)}$ é lenta e pode ser representada pela figura a seguir.



Esta mesma reação pode ser catalisada pelo $\text{NO}_{2(g)}$ em duas etapas, sendo que a primeira é bem mais lenta que a segunda. Numa mesma figura, esboce o perfil da curva da reação não catalisada e da reação catalisada pelo $\text{NO}_{2(g)}$.

59 Uerj 2008 A equação química a seguir representa a hidrólise de alguns dissacarídeos presentes em importantes fontes alimentares:



A tabela a seguir relaciona os resultados da velocidade inicial de reação dessa hidrólise, em função da concentração e da temperatura, obtidos em quatro experimentos, sob as seguintes condições:

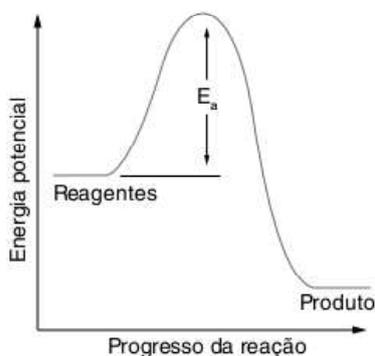
- soluções de um desses dissacarídeos foram incubadas com quantidades iguais ora de suco gástrico, ora de suco intestinal rico em enterócitos;
- o tempo de reação e outros possíveis fatores interferentes foram mantidos constantes.

Nº do experimento	Valor da concentração do dissacarídeo	Temperatura da reação (°C)	Velocidade de reação (unidades arbitrárias)
I	X	0	0
	X	20	9,5
	X	40	25
	X	80	1
II	X	80	10
	2X	80	20
	3X	80	30
	4X	80	41
III	X	0	0
	X	20	0
	X	40	1
	X	80	10
IV	X	40	25
	2X	40	45
	3X	40	50
	4X	40	52

Os experimentos que podem corresponder à hidrólise enzimática ocorrida quando o dissacarídeo foi incubado com suco intestinal são os de números:

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

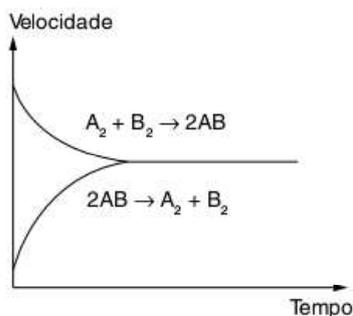
60 UFTM 2012 A formação do ácido nítrico (HNO_3) pelo processo Ostwald pode ocorrer em duas etapas pela reação da amônia (NH_3) com o oxigênio do ar. Entretanto, este processo só é viável em escala industrial quando essa reação é realizada sobre a superfície de platina, pois a cinética reacional é favorecida. Na figura, é representado o diagrama da energia potencial, considerando-se a primeira etapa do processo na ausência da platina.



- a) Apresente a variação do número de oxidação do átomo de nitrogênio na conversão de amônia em ácido nítrico. Quanto ao calor de reação, como se classifica a primeira etapa do processo Ostwald? Justifique.
- b) Qual é a função da platina no processo da síntese do ácido nítrico? Refaça o desenho do diagrama de energia apresentado na figura, considerando dois caminhos de reação, com e sem o uso da platina.

61 ITA 2012 A figura apresenta a variação de velocidade em função do tempo para a reação química hipotética não catalisada representada pela equação $\text{A}_2 + \text{B}_2 \rightleftharpoons 2\text{AB}$.

Reproduza esta figura incluindo no mesmo gráfico, além das curvas da reação catalisada, as da reação não catalisada, explicando ambas as condições.



Lei da ação das massas

62 UFRGS Considere as afirmações a seguir, referentes a uma reação monomolecular de primeira ordem.

- I. A velocidade de reação varia linearmente com a concentração do reagente.
 - II. A velocidade instantânea é uma função exponencial do tempo.
 - III. A meia-vida do reagente depende da sua concentração inicial.
- Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

63 UFRGS Numa reação monomolecular de primeira ordem, a fração de reagente consumido depois de decorrido três meias-vidas é igual a:

- (a) 1/8
- (b) 1/4
- (c) 2/3
- (d) 3/4
- (e) 7/8

64 Udesc 2012 A cinética química é a parte da química que trata das velocidades das reações. Macroscopicamente, os resultados de estudos cinéticos permitem a modelagem de sistemas complexos, tais como processos que ocorrem na atmosfera ou até mesmo no corpo humano. O estudo de catalisadores, que são cruciais para a indústria química e para o desenvolvimento de novos combustíveis, também é um ramo da cinética química.

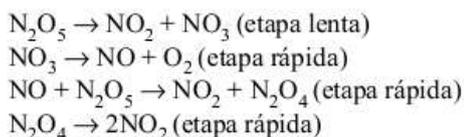
Sobre esse tema, leia atentamente as proposições abaixo.

- I. A energia de ativação de uma reação é uma medida da energia cinética mínima necessária às espécies, para que reajam quando elas colidirem.
- II. Em uma reação que ocorre em múltiplas etapas, as etapas que ocorrem mais rapidamente serão determinantes para a velocidade da reação global.
- III. Um catalisador é uma substância que modifica o mecanismo de reação, provendo uma rota alternativa com energia de ativação drasticamente aumentada para a reação, o que diminui assim a velocidade da reação.
- IV. Uma reação ocorre geralmente como resultado de uma série de etapas chamadas de reações elementares. Numa reação elementar, a molecularidade é definida pelo número de partículas (moléculas, átomos ou íons) de reagente envolvidas em uma reação elementar.
- V. A constante de velocidade de uma reação pode ser obtida pela medida da constante de equilíbrio da reação. A relação entre as constantes de equilíbrio da reação direta e inversa, quando estas são iguais, fornece o valor da constante de velocidade.

Assinale a alternativa correta.

- (a) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- (b) Somente as afirmativas II e V são verdadeiras.
- (c) Somente as afirmativas IV e V são verdadeiras.
- (d) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- (e) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.

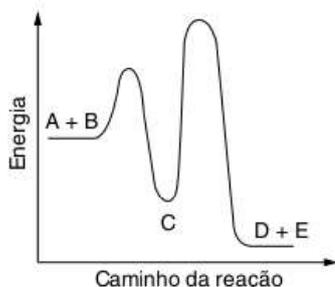
65 Uece Um óxido de nitrogênio se decompõe de acordo com a reação $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ e apresenta o seguinte mecanismo:



Analisando os processos descritos anteriormente, podemos afirmar, corretamente:

- (a) A molecularidade máxima dessa reação é 1.
- (b) A expressão da velocidade é $V = k[\text{N}_2\text{O}_5]$.
- (c) Trata-se de uma reação de segunda ordem.
- (d) A etapa IV é determinante para o cálculo da velocidade.

66 ITA 2010 (Adapt.) Considere a curva de variação da energia potencial das espécies A, B, C, D e E, envolvidas em uma reação química genérica, em função do caminho da reação, apresentada na figura a seguir. Suponha que a reação tenha sido acompanhada experimentalmente, medindo-se as concentrações de A, B e C em função do tempo.



- a) Proponha um mecanismo de reação para o processo descrito na figura, indicando a reação global.
- b) Indique a etapa lenta do processo e escreva a lei de velocidade da reação.

67 ITA 2012 Considere que a reação hipotética representada pela equação química $X + Y \rightarrow Z$ ocorra em três condições diferentes (a, b e c), na mesma temperatura, pressão e composição total (número de moléculas de $X + Y$), a saber:

- a) O número de moléculas de X é igual ao número de moléculas de Y.
- b) O número de moléculas de X é 1/3 do número de moléculas de Y.
- c) O número de moléculas de Y é 1/3 do número de moléculas de X.

Baseando nestas informações, considere que sejam feitas as seguintes afirmações:

- I. Se a lei de velocidade da reação for $v = k[X] \cdot [Y]^2$, então $v_C < v_A < v_B$.
- II. Se a lei de velocidade da reação for $v = k[X] \cdot [Y]$, então $v_B = v_C < v_A$.
- III. Se a lei de velocidade da reação for $v = k[X]$, então $t_{1/2}^{(c)} > t_{1/2}^{(b)} > t_{1/2}^{(a)}$, em que $t_{1/2}$ = tempo de meia-vida.

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

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

5

FRENTE 3

Equilíbrios químicos I

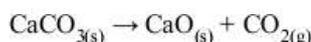


Nos equilíbrios químicos, os fenômenos direto e inverso se equivalem, mas não param de ocorrer, apenas acontecem com as mesmas velocidades.

Reações reversíveis

Os fenômenos químicos podem ser reversíveis. Assim como existe a possibilidade de choques efetivos entre as partículas dos reagentes, nada impede que ocorram choques efetivos entre as partículas dos produtos. A consequência disso é a ocorrência simultânea dos fenômenos direto e inverso. Não que eles aconteçam com as mesmas energias de ativação e nem com as mesmas velocidades, mas a tendência natural é que as velocidades desses dois fenômenos se igualem a partir de certo momento. Em alguns casos, o caminho pelo qual os produtos se transformam em reagentes não é necessariamente o mesmo da reação direta. Como exemplo, podemos citar a queima e formação da glicose, uma vez que a queima da glicose não ocorre pelo mesmo caminho de seu fenômeno inverso, que é a fotossíntese. Em situações como essa, os fenômenos direto e inverso não ocorrem sequer no mesmo meio reacional, o que impossibilita o sistema de entrar em equilíbrio.

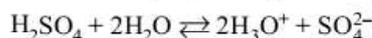
Trataremos, neste capítulo, de sistemas reacionais em que os fenômenos direto e inverso ocorrem no mesmo meio reacional. Para tanto, esse meio deve ser um sistema fechado, ou seja, que não troca matéria com as suas vizinhanças. A condição de sistema fechado deve ser satisfeita para que as substâncias não escapem para o meio externo, o que impossibilitaria a ocorrência de choques efetivos que permitem a ocorrência do fenômeno inverso. Veja o exemplo a seguir:



Caso o fenômeno representado pela equação acima ocorra em recipiente aberto, o CO_2 produzido, por ser gasoso, escapa para o meio externo, não havendo mais a possibilidade de choque de suas moléculas com o composto CaO , fato que impede a ocorrência da reação inversa. Entretanto, se o mesmo fenômeno ocorrer em recipiente fechado, o CO_2 produzido continua no meio reacional e assim, tem-se a possibilidade de ocorrência de choques efetivos com o CaO e, conseqüentemente, a ocorrência do fenômeno inverso.

Para que um fenômeno químico seja reversível, é preciso que o sistema seja fechado, isso é, não troque matéria com o meio externo.

É preciso que não se confunda recipiente fechado com sistema fechado. Ácido sulfúrico adicionado à água contida em um copo de bquer é um exemplo de um sistema fechado em um recipiente aberto, em que há a ocorrência do fenômeno direto e inverso, conforme a equação a seguir:



Feitas essas considerações iniciais, vamos supor uma reação genérica, em sistema fechado, dada pela equação:



Como se vê, o símbolo (\rightleftharpoons) indica que o fenômeno ocorre nos dois sentidos e é, portanto, reversível. As letras minúsculas a , b , c e d representam os coeficientes estequiométricos, enquanto as letras A , B , C e D representam as substâncias químicas que participam do fenômeno. O fenômeno representado

por (\rightarrow) é chamado de reação direta, que será indicada pelo índice 1, enquanto o fenômeno representado por (\leftarrow) é chamado de reação inversa, que será indicada pelo índice 2.

Portanto, supondo que as reações direta e inversa sejam elementares, teremos, pela Lei da Ação das Massas:

$$\begin{aligned} v_1 &= k_1 \cdot [\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b \\ v_2 &= k_2 \cdot [\text{C}]^c \cdot [\text{D}]^d \end{aligned}$$

No início do fenômeno, a não ser que se diga explicitamente o contrário, têm-se apenas os reagentes representados por A e B . Assim, no instante inicial, $[\text{A}]$ e $[\text{B}]$ são máximas, enquanto $[\text{C}]$ e $[\text{D}]$ são nulas. Com isso, segundo as equações acima, v_1 é máxima e v_2 é nula.

Com o passar do tempo, as substâncias A e B vão se transformando, gradativamente, em C e D . Assim, $[\text{A}]$ e $[\text{B}]$ vão diminuindo, devido ao consumo dos reagentes, enquanto $[\text{C}]$ e $[\text{D}]$ vão aumentando, devido à formação dos produtos. Pela Lei da Ação das Massas, v_1 vai gradativamente diminuindo e v_2 , aumentando. Mas enquanto v_1 for maior do que v_2 , a velocidade resultante ocorre no sentido direto, consumindo mais A e B e produzindo mais C e D . Conseqüentemente, enquanto v_1 for maior do que v_2 , a velocidade v_1 só diminuirá, enquanto v_2 só aumentará. Inevitavelmente, haverá um momento em que v_1 e v_2 serão iguais. Nesse momento, a velocidade resultante do processo será nula. Na mesma velocidade em que as substâncias são consumidas e produzidas pelo processo 1, elas serão, respectivamente, produzidas e consumidas pelo processo 2, com as mesmas velocidades. Assim, $[\text{A}]$, $[\text{B}]$, $[\text{C}]$ e $[\text{D}]$ permanecerão constantes e, segundo a Lei de Guldberg-Waage, v_1 e v_2 também não serão mais alteradas. Nesse instante, tem-se a impressão macroscópica de que o fenômeno parou de ocorrer. A partir de então, o sistema está em **Equilíbrio químico**.

Ao contrário do que nossos sentidos acusam, o equilíbrio químico não é estático, mas sim, dinâmico, porque os fenômenos direto e inverso não param de ocorrer, apenas passam a ocorrer com as mesmas velocidades. Se aos nossos olhos a reação parou de acontecer, microscopicamente seria possível observar os fenômenos direto e inverso ocorrendo simultaneamente, anulando-se. Veja o que ocorre nos gráficos a seguir:

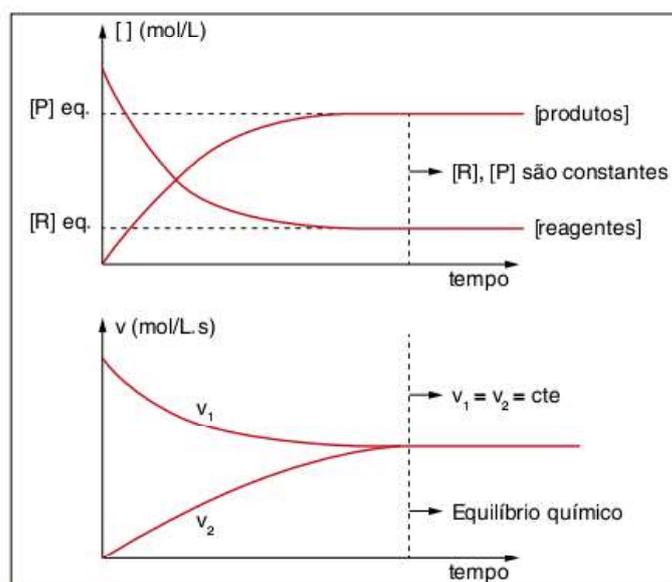
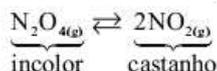


Fig. 1 Gráficos de concentração e velocidade no tempo.

O ponto final de equilíbrio não se altera, desde que a temperatura não se altere e as condições iniciais sejam estequiometricamente equivalentes. Observe o exemplo:



A coloração de um sistema contendo os gases N_2O_4 e NO_2 depende da concentração de $\text{NO}_{2(g)}$. Quando se parte de um sistema com concentração molar inicial de $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$ de 0,1 mol/L a 25 °C, obtém-se um sistema com a mesma coloração de outro sistema em que se parte de $\text{NO}_{2(g)}$ de 0,2 mol/L a 25 °C. Isso ocorre porque a temperatura é a mesma e as concentrações iniciais são estequiometricamente equivalentes. Nesse caso, se observássemos ambos os sistemas depois que atingiram a situação de equilíbrio, seria impossível identificar a condição de partida de cada um deles.

Grau de equilíbrio (α)

Para que um sistema reacional entre em equilíbrio, é necessário que uma determinada porcentagem de reagente se converta em produto. Essa porcentagem varia segundo a reação, sua condição inicial e a temperatura em que a reação ocorre.

Grau de Equilíbrio (α) é a porcentagem de reagente limitante que efetivamente se converte em produto para que o sistema entre em equilíbrio.

Com essa definição, é possível elaborarmos uma importantíssima tabela, em que se pode observar a condição inicial, o que reage e a condição final de equilíbrio.

Para tanto, observe os exemplos a seguir.

Exercícios resolvidos

1 Complete a tabela a seguir, dada em mol/L:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PC}^{\ell}_{5(g)} \rightleftharpoons$	$\text{PC}^{\ell}_{3(g)} +$	$\text{C}^{\ell}_{2(g)}$
Início	0,2		
Reagiu			
Equilíbrio			

Resolução:

No início da reação, não há produtos, a menos que se diga explicitamente o contrário. Portanto:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PC}^{\ell}_{5(g)} \rightleftharpoons$	$\text{PC}^{\ell}_{3(g)} +$	$\text{C}^{\ell}_{2(g)}$
Início	0,2	0	0
Reagiu			
Equilíbrio			

Para que o sistema atinja o equilíbrio, deve-se reagir, efetivamente, 40% de 0,2 mol/L de $\text{PC}^{\ell}_{5(g)}$ que equivale a perder 0,08 mol/L de $\text{PC}^{\ell}_{5(g)}$. Na linha da reação, o restante das substâncias deve seguir a mesma proporção dada pelos coeficientes estequiométricos, lembrando que os reagentes são consumidos e os produtos são formados. Logo:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PC}^{\ell}_{5(g)} \rightleftharpoons$	$\text{PC}^{\ell}_{3(g)} +$	$\text{C}^{\ell}_{2(g)}$
Início	0,2	0	0
Reagiu	-0,08	+0,08	+0,08
Equilíbrio			

A linha do equilíbrio é obtida a partir da soma da linha de início com a linha da reação:

($\alpha = 40\%$)	$\text{PC}^{\ell}_{5(g)} \rightleftharpoons$	$\text{PC}^{\ell}_{3(g)} +$	$\text{C}^{\ell}_{2(g)}$
Início	0,2	0	0
Reagiu	-0,08	+0,08	+0,08
Equilíbrio	0,12	0,08	0,08

2 Complete a tabela a seguir, dada em mol/L:

($\alpha = 60\%$)	$\text{N}_{2(g)} +$	$\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2\text{NO}_{(g)}$
Início	0,3	0,2	
Reagiu			
Equilíbrio			

Resolução:

No início da reação, não há produtos, a menos que se diga explicitamente o contrário. Portanto:

($\alpha = 60\%$)	$\text{N}_{2(g)} +$	$\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2\text{NO}_{(g)}$
Início	0,3	0,2	0
Reagiu			
Equilíbrio			

Para que o sistema atinja o equilíbrio, deve-se reagir, efetivamente, 60% de 0,2 mol/L de $\text{O}_{2(g)}$, que equivale a perder 0,12 mol/L desse reagente. A porcentagem deve ser aplicada ao reagente limitante que, nesse caso, é o gás oxigênio, já que ele seria totalmente consumido caso a reação tivesse rendimento de 100%. Na linha da reação, o restante das substâncias deve seguir a mesma proporção dada pelos coeficientes estequiométricos. Logo:

($\alpha = 60\%$)	$\text{N}_{2(g)} +$	$\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2\text{NO}_{(g)}$
Início	0,3	0,2	0
Reagiu	-0,12	-0,12	+0,24
Equilíbrio			

A linha do equilíbrio é obtida a partir da soma da linha de início com a linha da reação:

($\alpha = 60\%$)	$\text{N}_{2(g)} +$	$\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2\text{NO}_{(g)}$
Início	0,3	0,2	0
Reagiu	-0,12	-0,12	+0,24
Equilíbrio	0,18	0,08	0,24

3 Complete a tabela a seguir, dada em mol/L:

($\alpha = 50\%$)	$N_{2(g)} +$	$3H_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
Início	0,3	0,6	
Reagiu			
Equilíbrio			

Resolução:

No início da reação, não há produtos, a menos que se diga explicitamente o contrário. Portanto:

($\alpha = 50\%$)	$N_{2(g)} +$	$3H_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
Início	0,3	0,6	0
Reagiu			
Equilíbrio			

Para que o sistema atinja o equilíbrio, deve-se reagir, efetivamente, 50% de 0,6 mol/L de $H_{2(g)}$, que equivale a perder 0,3 mol/L de $H_{2(g)}$. A porcentagem deve ser aplicada ao reagente limitante que, nesse caso, é o gás hidrogênio, já que ele seria totalmente consumido caso a reação tivesse rendimento de 100%. Na linha da reação, o restante das substâncias deve seguir a mesma proporção dada pelos coeficientes estequiométricos. Logo:

($\alpha = 50\%$)	$N_{2(g)} +$	$3H_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
Início	0,3	0,6	0
Reagiu	-0,10	-0,3	+0,20
Equilíbrio			

A linha do equilíbrio é obtida a partir da soma da linha de início com a linha da reação:

($\alpha = 50\%$)	$N_{2(g)} +$	$3H_{2(g)} \rightleftharpoons$	$2NH_{3(g)}$
Início	0,3	0,6	0
Reagiu	-0,10	-0,3	+0,20
Equilíbrio	0,20	0,30	0,20

Constantes de equilíbrio

Constante de equilíbrio em termos de concentrações: (K_c)

Quando o equilíbrio químico é atingido, sabemos que a velocidade da reação direta é igual à velocidade da reação inversa. Portanto, para o fenômeno genérico descrito pela equação:



Pela Lei da Ação das Massas, como foi visto anteriormente, no equilíbrio teremos:

$$v_1 = v_2 \therefore k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d \therefore \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Como k_1 e k_2 são valores constantes, a razão $\frac{k_1}{k_2}$ também

é um valor constante, chamado de **constante de equilíbrio**. Nesse caso, como a expressão está em função da concentração das substâncias, ela é chamada de constante de equilíbrio em termos de concentrações e representada por K_c . De fato:

$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Constante de equilíbrio em termos de pressões parciais: (K_p)

Assim como a Lei da Ação das Massas pode expressar a velocidade em termos das concentrações dos reagentes, ela também pode ser expressa pela pressão parcial dos reagentes, já que entre concentração molar e pressão parcial existe uma relação, que pode ser deduzida a partir da Equação de Clapeyron:

$$P_X \cdot V = n_X \cdot R \cdot T \therefore P_X = \frac{n_X}{V} \cdot R \cdot T \therefore P_X = [X] \cdot R \cdot T$$

A constante de equilíbrio em termos de pressões parciais é dada por:

$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b}$$

Entre as constantes K_c e K_p existe uma relação que pode ser deduzida como mostrada a seguir:

$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b} \therefore K_p = \frac{([C] \cdot R \cdot T)^c \cdot ([D] \cdot R \cdot T)^d}{([A] \cdot R \cdot T)^a \cdot ([B] \cdot R \cdot T)^b} \therefore K_p = \left(\frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \right) (RT)^{(c+d)-(a+b)} \therefore K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

Para o caso particular em que $\Delta n = 0$, temos $K_p = K_c$.

Generalidades das constantes de equilíbrio

Apesar de termos estudado apenas duas constantes de equilíbrio até aqui, existem, na realidade, oito constantes de equilíbrio a saber: K_c , K_p , K_a , K_b , K_i , K_w , K_h e K_{ps} . Todas elas apresentam características comuns, gerais a todas essas constantes. Essas propriedades são:

- **Para a constante K_p , as pressões devem ser dadas em atm.** Para substâncias gasosas, as atividades químicas são aproximadamente as pressões parciais dessas substâncias, desde que dadas em atm. Entretanto, algumas questões de vestibular explicitam, erroneamente, que o valor de K_p dado é para pressões em mmHg. Se não houver nenhuma informação sobre a unidade de pressão, é porque ela é atm.
- **As constantes de equilíbrio são adimensionais.** Observando-se as expressões das constantes de equilíbrio, pode-se ter a impressão de que as constantes têm dimensões $(\text{mol/L})^{\Delta n}$ ou $(\text{atm})^{\Delta n}$. Entretanto, é importante dizer que as constantes de equilíbrio dependem das atividades químicas das substâncias, que são números adimensionais. Essas atividades químicas são aproximadamente as concentrações molares das substâncias em solução ou as pressões parciais

das substâncias se estiverem na fase gasosa. Infelizmente, algumas questões, erroneamente, expressam constantes de equilíbrio com dimensão.

- **A concentração molar ou pressão parcial de substâncias sólidas não entram na expressão das constantes de equilíbrio.** As substâncias sólidas têm variações de quantidade na medida em que a reação ocorre, mas as concentrações desses sólidos se mantêm constantes. Suponha que uma substância, no estado sólido, tenha um número de mols n em um volume V , conforme se vê na figura a seguir:

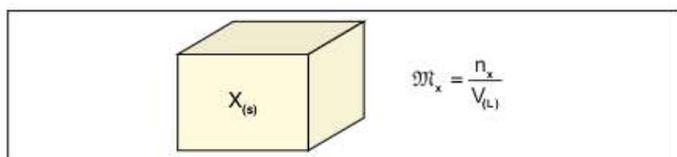


Fig. 2 Amostra de substância sólida e cálculo de sua concentração molar.

Se, em um determinado instante, metade do sólido foi consumida, então teremos uma sobra de $\frac{n}{2}$ mols em um volume $\frac{V}{2}$, conforme se vê na figura a seguir:

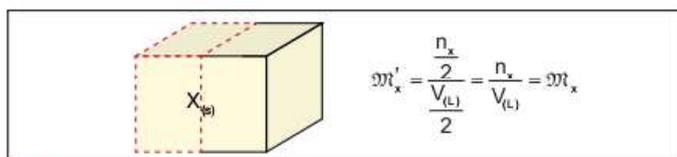
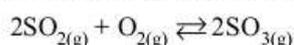


Fig. 3 Amostra de substância sólida e cálculo de sua concentração molar.

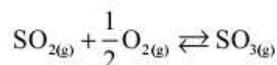
Percebe-se, portanto, que a concentração molar de uma substância sólida não varia com o decorrer da reação, porque a variação de sua quantidade é proporcional à variação de seu volume. Em virtude disso, a concentração molar de sólidos não faz parte da Lei da Ação das Massas, nem tampouco da expressão que calcula a constante de equilíbrio.

Da mesma forma, se uma substância contida em um meio reacional reversível, for o único líquido em meio a outras substâncias gasosas, então sua concentração molar também não varia com o decorrer da reação. Portanto, não entra no cálculo da constante de equilíbrio. Entretanto, se o meio reacional for composto de uma mistura de líquidos miscíveis entre si, todos eles têm suas concentrações variáveis com o decorrer da reação. Portanto, as concentrações de todas as substâncias devem entrar no cálculo da constante de equilíbrio.

- **As constantes de equilíbrio medem a espontaneidade da reação direta a partir das condições termodinamicamente padrão.** Se dois meios reacionais distintos tiverem reagentes e produtos em solução com concentração molar de 1 mol/L ou forem gasosos com pressão parcial de 1 atm, então será mais espontânea a reação direta com maior constante de equilíbrio.
- **Para uma determinada equação química, a constante de equilíbrio só varia com a temperatura.** Nesse caso, é importante dizer que reação química é diferente de equação química. Uma reação química pode ser representada por diferentes equações químicas. Como exemplo, a oxidação do dióxido de enxofre pode ser representada por:



bem como por:



A reação representada pelas equações acima é a mesma, mas a constante de K_c para a primeira equação é dada por:

$$K_{c,I} = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}$$

Enquanto para a segunda equação, é dada por:

$$K_{c,II} = \frac{[\text{SO}_3]}{[\text{SO}_2] \cdot [\text{O}_2]^{1/2}}$$

Para uma mesma reação, quando se multiplica uma equação por δ , a constante de equilíbrio deve ser elevada a δ . Portanto, uma reação química pode ter diferentes constantes de equilíbrio a uma temperatura porque pode ser representada por equações com diferentes balanceamentos. Entretanto, para uma **equação química**, a constante de equilíbrio só varia com a temperatura. Quando não se fornece a equação química da reação, deve-se considerar as substâncias mencionadas com os menores coeficientes inteiros possíveis.

- **Apresença de um catalisador não altera a constante de equilíbrio.** Como um catalisador diminui da mesma forma a energia de ativação da reação direta e da reação inversa, a condição final de equilíbrio não é alterada. Mas devemos salientar que o aumento das velocidades das reações direta e inversa, pela presença do catalisador, faz com que se atinja a mesma situação de equilíbrio em um tempo menor. Observe nos gráficos a seguir:

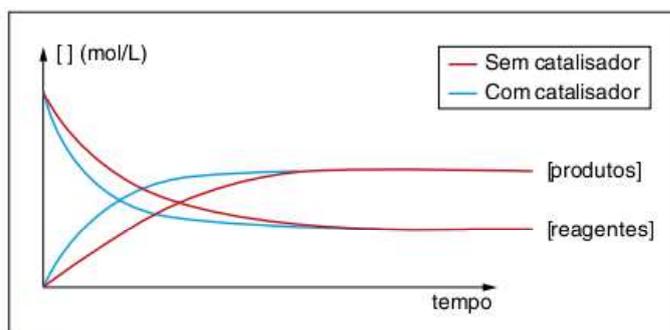


Fig. 4 Gráfico de concentração versus tempo na ausência e na presença de um catalisador.

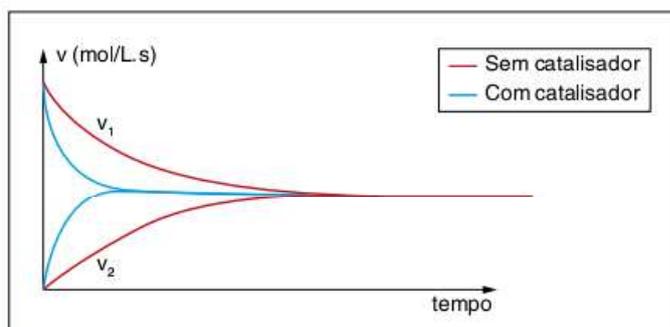


Fig. 5 Gráfico de velocidade versus tempo na ausência e na presença de um catalisador.

- **Tudo o que foi deduzido em equilíbrios químicos para reações elementares vale para reações não elementares.** A expressão da constante de equilíbrio é sempre uma razão entre produtos e reagentes da reação global, independentemente dos fenômenos direto e inverso serem ou não elementares. Isso ocorre porque a constante de equilíbrio é função apenas dos estados inicial e final, independentemente do caminho que se percorre entre eles.

Exercícios resolvidos

4 Calcule as constantes de equilíbrio em termos de concentrações e de pressões parciais para:

- Exercício resolvido 1
- Exercício resolvido 2
- Exercício resolvido 3

Resolução:

a) A tabela final obtida para o exercício 1 foi:

($\alpha = 40\%$)	$PCl_5(g) \rightleftharpoons$	$PCl_3(g) +$	$Cl_2(g)$
Início	0,2	0	0
Reagiu	-0,08	+0,08	+0,08
Equilíbrio	0,12	0,08	0,08

A constante K_c é dada por:

$$K_c = \frac{[PCl_3] \cdot [Cl_2]}{[PCl_5]} \therefore K_c = \frac{0,08 \cdot 0,08}{0,12} \therefore K_c = 5,33 \cdot 10^{-2}$$

A constante K_p a uma temperatura T , é dada por:

$$K_p = 5,33 \cdot 10^{-2} (RT)^{(2-0)} \therefore K_p = 5,33 \cdot 10^{-2} (RT)$$

b) A tabela final obtida para o exercício 2 foi:

($\alpha = 60\%$)	$N_2(g) +$	$O_2(g) \rightleftharpoons$	$2NO(g)$
Início	0,3	0,2	0
Reagiu	-0,12	-0,12	+0,24
Equilíbrio	0,18	0,08	0,24

A constante K_c é dada por:

$$K_c = \frac{[NO]^2}{[N_2] \cdot [O_2]} \therefore K_c = \frac{0,24^2}{0,18 \cdot 0,08} \therefore K_c = 4$$

A constante K_p a uma temperatura T , é dada por:

$$K_p = 4(RT)^{(2-2)} \therefore K_p = 4$$

c) A tabela final obtida para o exercício 3 foi:

($\alpha = 50\%$)	$N_2(g) +$	$3H_2(g) \rightleftharpoons$	$2NH_3(g)$
Início	0,3	0,6	0
Reagiu	-0,10	-0,3	+0,20
Equilíbrio	0,20	0,30	0,20

A constante K_c é dada por:

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] \cdot [H_2]^3} \therefore K_c = \frac{0,2^2}{0,2 \cdot 0,3^3} \therefore K_c = 7,41$$

A constante K_p a uma temperatura T , é dada por:

$$K_p = 7,41(RT)^{(2-4)} \therefore K_p = \frac{7,41}{(RT)^2}$$

5 Para cada uma das equações a seguir, escreva a expressão de K_c :

- $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$
- $CH_3COOH(l) + CH_3OH(l) \rightleftharpoons CH_3COOCH_3(l) + H_2O(l)$
- $Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightleftharpoons 2Fe(s) + 3CO_2(g)$
- $X(l) \rightleftharpoons 2Y(g) + Z(g)$

Resolução:

Sólidos não entram nas expressões das constantes de equilíbrio. Substâncias líquidas, quando representam a única heterogeneidade do sistema, não variam suas concentrações molares com o tempo e, portanto, também não entram na constante de equilíbrio.

- $K_c = [CO_2]$
- $K_c = \frac{[CH_3COOCH_3] \cdot [H_2O]}{[CH_3COOH] \cdot [CH_3OH]}$
- $K_c = \frac{[CO_2]^3}{[CO]^3}$
- $K_c = [Y]^2 \cdot [Z]$

6 Para a reação de equação $2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$, a constante de equilíbrio K_c é igual a $1,8 \cdot 10^{-6}$, a $25^\circ C$. Para cada uma das situações propostas, diga se o sistema está ou não em equilíbrio. Em caso negativo, diga para onde a reação deve ocorrer efetivamente para que o sistema entre em equilíbrio.

- $[NO] = 0,1 \frac{mol}{L}$; $[O_2] = 0,05 \frac{mol}{L}$; $[NO_2] = 3 \cdot 10^{-5} \frac{mol}{L}$
- $[NO] = 2 \cdot 10^{-2} \frac{mol}{L}$; $[O_2] = 0,1 \frac{mol}{L}$; $[NO_2] = 8 \cdot 10^{-4} \frac{mol}{L}$
- $[NO] = 0,24 \frac{mol}{L}$; $[O_2] = 0,03 \frac{mol}{L}$; $[NO_2] = 2 \cdot 10^{-6} \frac{mol}{L}$
- $[NO] = 0,01 \frac{mol}{L}$; $[O_2] = 0,2 \frac{mol}{L}$; $[NO_2] = 6 \cdot 10^{-6} \frac{mol}{L}$

Resolução:

Primeiramente, definiremos Q_c como **quociente das concentrações**. Q_c e K_c têm as mesmas expressões, com a diferença de que as concentrações em Q_c podem ser quaisquer umas, enquanto as concentrações em K_c só podem ser as da situação de equilíbrio.

$$\text{se } Q_c \begin{cases} > K_c \Rightarrow \text{O sistema passou do ponto de equilíbrio} \\ = K_c \Rightarrow \text{O sistema está em equilíbrio} \\ < K_c \Rightarrow \text{O sistema ainda não atingiu o ponto de equilíbrio} \end{cases}$$

Se o sistema já passou do ponto de equilíbrio, a reação deve caminhar no sentido inverso para que se atinja a situação de equilíbrio. Se o sistema ainda não atingiu o ponto de equilíbrio, a reação deve caminhar no sentido direto para que se atinja a situação de equilíbrio.

$$a) Q_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 \cdot [O_2]} \therefore Q_c = \frac{(3 \cdot 10^{-3})^2}{(0,1)^2 \cdot (0,05)} \therefore Q_c = 1,8 \cdot 10^{-6} = K_c$$

O sistema está em equilíbrio.

$$b) Q_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 \cdot [O_2]} \therefore Q_c = \frac{(8 \cdot 10^{-4})^2}{(2 \cdot 10^{-2})^2 \cdot (0,1)} \therefore Q_c = 1,6 \cdot 10^{-2} > K_c$$

O sistema não está em equilíbrio e, para atingi-lo, a reação deve caminhar no sentido inverso.

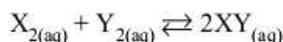
$$c) Q_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 \cdot [O_2]} \therefore Q_c = \frac{(2 \cdot 10^{-6})^2}{(0,24)^2 \cdot (0,03)} \therefore Q_c = 2,31 \cdot 10^{-9} < K_c$$

O sistema não está em equilíbrio e, para atingi-lo, a reação deve caminhar no sentido direto.

$$d) Q_c = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2 \cdot [O_2]} \therefore Q_c = \frac{(6 \cdot 10^{-6})^2}{(0,01)^2 \cdot (0,2)} \therefore Q_c = 1,8 \cdot 10^{-6} = K_c$$

O sistema está em equilíbrio.

7 Seja uma reação reversível de equação:



No instante inicial, tem-se uma mistura equimolar dos reagentes, com 2 mols de cada um em um volume de solução de 10 L, que se mantém inalterado até o fim do processo. A constante de equilíbrio em termos de concentrações na temperatura em que o fenômeno ocorre vale 49. Qual a composição molar do sistema no equilíbrio?

Resolução:

Esse é um problema bastante comum e de altíssima incidência nos vestibulares. Para resolvê-lo, devemos montar a tabela que aprendemos nos exercícios anteriores, com os dados do problema em mols:

	$X_{2(aq)}$ +	$Y_{2(aq)}$ \rightleftharpoons	$2XY_{(aq)}$
Início	2	2	0
Reagiu			
Equilíbrio			

Como não se sabe a quantidade de reagentes que efetivamente irão se converter em produtos, vamos supor que x mols de $X_{2(aq)}$ devem reagir para que o sistema atinja o equilíbrio. Além disso, não se deve esquecer de que a linha da reação deve obedecer à proporção dos coeficientes estequiométricos.

Para obtermos a linha do equilíbrio, basta somarmos a linha de início e a linha da reação. Portanto:

	$X_{2(aq)}$ +	$Y_{2(aq)}$ \rightleftharpoons	$2XY_{(aq)}$
Início	2	2	0
Reagiu	-x	-x	+2x
Equilíbrio	(2-x)	(2-x)	2x

Substituindo na expressão de K_c temos:

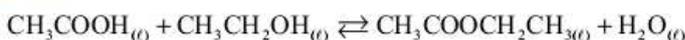
$$K_c = \frac{[XY]^2}{[X_2] \cdot [Y_2]} \therefore 49 = \frac{\left(\frac{2x}{10}\right)^2}{\left(\frac{2-x}{10}\right) \cdot \left(\frac{2-x}{10}\right)} \therefore 7^2 = \left(\frac{2x}{2-x}\right)^2 \therefore$$

$$14 - 7x = 2x \therefore x = \frac{14}{9}$$

Portanto, no equilíbrio, a composição molar é dada por:

$$n_{X_2} = n_{Y_2} = \frac{4}{9} \text{ mol e } n_{XY} = \frac{28}{9} \text{ mol}$$

8 Considere a reação de esterificação dada pela equação:



Partindo-se de 1 mol/L de cada um dos reagentes, obtém-se um grau de equilíbrio, na temperatura ambiente, de 60%. Depois de estabelecido o equilíbrio, acrescenta-se álcool etílico, até produzir um aumento de 0,4 mol/L na sua concentração. A temperatura não se alterou. Quais as concentrações de todas as substâncias no momento do equilíbrio?

Resolução:

Primeiramente, devemos construir a tabela para podermos calcular a constante K_c na temperatura do problema.

($\alpha = 60\%$)	$CH_3COOH_{(l)}$ +	$CH_3CH_2OH_{(l)}$ \rightleftharpoons	$CH_3COOCH_2CH_3_{(l)}$	+ $H_2O_{(l)}$
Início	1	1	0	0
Reagiu	-0,6	-0,6	+0,6	+0,6
Equilíbrio	0,4	0,4	0,6	0,6

Calculando-se o K_c , temos:

$$K_c = \frac{[CH_3COOCH_2CH_3] \cdot [H_2O]}{[CH_3COOH] \cdot [CH_3CH_2OH]} \therefore K_c = \frac{(0,6) \cdot (0,6)}{(0,4) \cdot (0,4)} \therefore$$

$$K_c = 2,25$$

Agora que o sistema já atingiu o equilíbrio, produz-se um aumento de 0,4 mol/L na concentração de álcool. Com isso, temos:

($\alpha = 60\%$)	$CH_3COOH_{(l)}$ +	$CH_3CH_2OH_{(l)}$ \rightleftharpoons	$CH_3COOCH_2CH_3_{(l)}$	+ $H_2O_{(l)}$
Início	0,4	0,8	0,6	0,6
Reagiu	-y	-y	+y	+y
Equilíbrio	0,4 - y	0,8 - y	0,6 + y	0,6 + y

Como a temperatura não se alterou, a constante de equilíbrio se mantém. Assim:

$$K_c = \frac{[CH_3COOCH_2CH_3] \cdot [H_2O]}{[CH_3COOH] \cdot [CH_3CH_2OH]} \therefore$$

$$2,25 = \frac{(0,6 + y) \cdot (0,6 + y)}{(0,4 - y) \cdot (0,8 - y)} \therefore$$

$$2,25(0,32 - 1,2y + y^2) = 0,36 + 1,2y + y^2 \therefore$$

$$1,25y^2 - 3,9y + 0,36 = 0$$

$$\begin{cases} y' = 3,025 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (não convém)} \\ y'' = 0,095 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (convém)} \end{cases}$$

Logo, no equilíbrio final, temos:

$$[CH_3COOH] = 0,305 \text{ mol/L}, [CH_3CH_2OH] = 0,705 \text{ mol/L},$$

$$[CH_3COOCH_2CH_3] = [H_2O] = 0,695 \text{ mol/L}$$

Há, ainda, outra maneira de se terminar o problema. Para a situação final de equilíbrio, não faz diferença adicionar 0,4 mol/L após o estabelecimento do primeiro equilíbrio ou logo no início do processo. Portanto:

	CH ₃ COOH _(l) +	CH ₃ CH ₂ OH _(l) ⇌	CH ₃ COOCH ₂ CH ₃ _(l)	+ H ₂ O _(l)
Início	1	1,4	0	0
Reagiu	-z	-z	+z	+z
Equilíbrio	1 - z	1,4 - z	z	z

Pela expressão do K_c temos:

$$K_c = \frac{[CH_3COOCH_2CH_3] \cdot [H_2O]}{[CH_3COOH] \cdot [CH_3CH_2OH]} \therefore$$

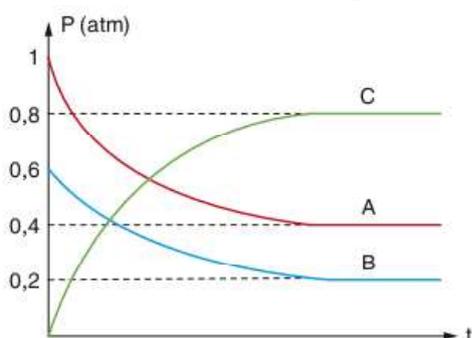
$$\therefore 2,25 = \frac{(z) \cdot (z)}{(1-z) \cdot (1,4-z)} \therefore 3,15 - 5,4z + 2,25z^2 = z^2$$

$$\therefore 1,25z^2 - 5,4z + 3,15 = 0 \therefore$$

$$\begin{cases} z' = 3,625 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (não convém)} \\ z'' = 0,695 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{ (convém)} \end{cases}$$

Esse resultado nos conduz às mesmas concentrações finais que já foram calculadas anteriormente.

9 O gráfico a seguir mostra as variações das pressões parciais (em atm) de três substâncias A, B e C, todas gasosas, com o tempo.



Qual o valor da constante em termos de concentração (K_c), a uma temperatura T?

Resolução:

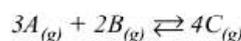
Essa é uma questão que exige bastante atenção! Existe uma tentação muito forte em se olhar apenas para a situação de equilíbrio, o que conduz a erros graves. O correto, nesse caso, é analisarmos o gráfico desde a situação inicial até o equilíbrio. Primeiramente, como não foi dada a equação da reação, devemos considerar que A e B são reagentes, pois com o decorrer da reação, estão sendo consumidos. Analogamente, C é produto, pois sua concentração está aumentando com o tempo. Construindo a tabela a partir do gráfico, temos:

	A _(g) +	B _(g) ⇌	C _(g)
Início	1	0,6	0
Reagiu			
Equilíbrio	0,4	0,2	0,8

A linha de início somada à linha da reação tem como resultado a linha de equilíbrio.

	A _(g) +	B _(g) ⇌	C _(g)
Início	1	0,6	0
Reagiu	-0,6	-0,4	+0,8
Equilíbrio	0,4	0,2	0,8

A linha da reação tem a mesma proporção dos coeficientes estequiométricos. Portanto, a equação da reação é dada por:

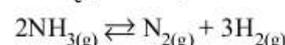


Calculando o K_p temos:

$$K_p = \frac{(P_c)^4}{(P_a)^3 \cdot (P_b)^2} \therefore K_p = \frac{(0,8)^4}{(0,4)^3 \cdot (0,2)^2} \therefore K_p = 160$$

$$\text{Mas } K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \therefore 160 = K_c (RT)^{-1} \therefore K_c = 160 (RT)$$

10 Qual o valor de K_c para o equilíbrio dado por



em que α é o grau de equilíbrio, P é a pressão total do sistema no equilíbrio, R é a constante dos gases e T é a temperatura em Kelvin?

Resolução:

No início, temos uma pressão inicial desconhecida de amônia, que chamaremos de P₀. Construindo a tabela, temos:

α	2NH _{3(g)} ⇌	NH _{2(g)}	+ 3H _{2(g)}
Início	P ₀	0	0
Reagiu	-αP ₀	+ $\frac{\alpha P_0}{2}$	+ $\frac{3\alpha P_0}{2}$
Equilíbrio	P ₀ - αP ₀	+ $\frac{\alpha P_0}{2}$	+ $\frac{3\alpha P_0}{2}$

Calculando o K_p temos:

$$K_p = \frac{(P_{N_2}) \cdot (P_{H_2})^3}{(P_{NH_3})^2} \therefore K_p = \frac{\left(\frac{\alpha P_0}{2}\right) \cdot \left(\frac{3\alpha P_0}{2}\right)^3}{(P_0 - \alpha P_0)^2} \therefore$$

$$K_p = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P_0^2}{(1-\alpha)^2} \quad (I)$$

A pressão total é a soma das pressões parciais. Assim:

$$P = (P_0 - \alpha P_0) + \left(\frac{\alpha P_0}{2}\right) + \left(\frac{3\alpha P_0}{2}\right) \therefore P = P_0(1 + \alpha)$$

$$\therefore P_0 = \frac{P}{(1 + \alpha)} \quad (II)$$

Substituindo (II) em (I), temos:

$$K_p = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot \left(\frac{P}{(1 + \alpha)}\right)^2}{(1 - \alpha)^2} \therefore K_p = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P^2}{(1 - \alpha^2)^2}$$

Mas $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

$$\therefore \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P^2}{(1 - \alpha^2)^2} = K_c(RT)^2 \therefore K_c = \frac{27}{16} \cdot \frac{\alpha^4 \cdot P^2}{(1 - \alpha^2)^2 \cdot (RT)^2}$$

Princípio de Le Chatelier

Henri Louis Le Chatelier foi um químico francês que viveu entre os anos de 1850 a 1936. Dedicou a sua vida ao estudo das ciências, mais particularmente ao estudo da Química Aplicada.



Fig. 6 Henri Louis Le Chatelier.

Foi um famoso químico industrial e engenheiro de minas. Trabalhou com metalurgia e cerâmica, e foi professor universitário, tendo lecionado na famosa universidade Sorbonne. Em 1888, deu uma enorme contribuição para a ciência ao formular a Lei dos Equilíbrios. Contribuiu no estudo de obtenção de amônia, entretanto, seu trabalho mais reconhecido é a previsão do que ocorre quando se perturba um sistema em equilíbrio, o chamado **Princípio de Le Chatelier**. Na época, não passava de uma regra prática que previa o deslocamento do equilíbrio, sem comprovações teóricas, ou seja, era puramente empírico, baseado apenas em resultados experimentais. Hoje, contudo, verifica-se toda a consistência teórica dos estudos de Le Chatelier, dos

pontos de vista cinético e termodinâmico. As fontes divergem quanto à data, mas sabe-se que esse estudo foi feito entre 1884 e 1888.

Diz o Princípio de Le Chatelier:

Quando se perturba um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, no sentido de minimizá-la ou anulá-la.

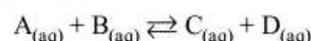
Costuma-se aplicar esse enunciado apenas a situações químicas (para as quais o Princípio foi inicialmente observado), mas é inegável sua aplicabilidade a algumas situações físicas, como por exemplo:

- quando se impulsiona um bloco que estava inicialmente em repouso, apoiado sobre o chão, passa a agir uma força contrária ao movimento, chamada de força de atrito, que minimiza os efeitos da perturbação imposta ao sistema em equilíbrio, até que uma nova situação de equilíbrio se estabeleça;
- quando uma pessoa se apoia em uma parede, a natureza anula a perturbação imposta, já que a parede age em sentido contrário, na mesma direção e com a mesma intensidade. Logo, a ação x reação pode ser entendida como uma situação para a qual se aplica o Princípio de Le Chatelier.

Na Química, um sistema em equilíbrio pode ser perturbado quando se altera a **concentração das substâncias**, a **temperatura** e a **pressão**. Nesses casos, a natureza agirá contrariamente à perturbação imposta, sendo o **deslocamento de equilíbrio** a consequência direta dessa modificação de motivação externa. Analisaremos, portanto, cada uma dessas perturbações impostas aos sistemas em equilíbrio.

Concentrações

Seja uma reação genérica reversível representada pela seguinte equação química:



Suponha que esse seja um sistema em equilíbrio. Entretanto, perturba-se esse sistema aumentando-se a concentração de $A_{(aq)}$. Pelo Princípio de Le Chatelier, a natureza agirá em sentido contrário ao da perturbação imposta, ou seja, diminuirá a concentração de $A_{(aq)}$. Para tanto, deslocará o equilíbrio no sentido direto, diminuindo a concentração dos reagentes e aumentando a dos produtos.

Se a perturbação desse sistema em equilíbrio é o aumento da concentração de $C_{(aq)}$, então a natureza age contrariamente à perturbação imposta, ou seja, no sentido de diminuir a concentração de $C_{(aq)}$. Portanto, com essa perturbação, o equilíbrio será deslocado no sentido inverso, aumentando-se a concentração dos reagentes e diminuindo-se a concentração dos produtos.

Caso a perturbação imposta ao sistema em equilíbrio seja a diminuição da concentração de $B_{(aq)}$, a natureza age no sentido de aumentar essa concentração. Para tanto, o equilíbrio será deslocado no sentido inverso. Analogamente, quando a perturbação imposta ao sistema em equilíbrio é a diminuição da concentração de $D_{(aq)}$, a natureza age no sentido de aumentar essa concentração. Para tanto, o equilíbrio será deslocado no sentido direto.

Portanto, podemos generalizar as perturbações e os deslocamentos da seguinte forma:

$\uparrow[\text{Reagentes}]$ e/ou $\downarrow[\text{Produtos}] \Rightarrow$ desloca no sentido DIRETO
 $\downarrow[\text{Reagentes}]$ e/ou $\uparrow[\text{Produtos}] \Rightarrow$ desloca no sentido INVERSO

Apesar do Princípio de Le Chatelier ser de natureza qualitativa, é possível comprová-lo quantitativamente pela Lei dos Equilíbrios.

Sabemos que o quociente das concentrações é dado por:

$$Q_c = \frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]}$$

Quando as concentrações são as do equilíbrio, temos:

$$K_c = \left(\frac{[C] \cdot [D]}{[A] \cdot [B]} \right)_{\text{eq}}$$

Se a perturbação que se impõe a um sistema em equilíbrio for a alteração de uma ou mais concentrações, altera-se com isso o valor de Q_c . Contudo, K_c permanece constante, já que a temperatura não é alterada. Assim, o deslocamento deve ocorrer no sentido de fazer com que Q_c volte a ter o valor de K_c , para que o sistema seja reconduzido a uma nova situação de equilíbrio.

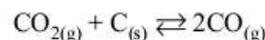
Se a perturbação for o aumento da concentração do(s) reagente(s), isso provoca redução no Q_c . Para que o quociente de concentrações volte a ter o valor de K_c (que não foi alterado), Q_c deve aumentar. Para tanto, a concentração de reagentes deve diminuir e a de produtos, aumentar, resultando em deslocamento de equilíbrio no sentido direto. Caso a perturbação seja o aumento da concentração do(s) produto(s), isso provoca aumento do Q_c . Para que o quociente de concentrações volte a ter o valor de K_c , Q_c deve diminuir. Para tanto, a concentração de reagentes deve aumentar e a de produtos, diminuir, resultando em deslocamento de equilíbrio no sentido inverso. Essa análise de cunho quantitativo, que confirma o resultado qualitativo exposto pelo enunciado do Princípio de Le Chatelier, permite que se preveja o sentido do deslocamento de equilíbrio em casos de perturbações com alterações de concentração de mais de uma substância.

Assim, podemos resumir essas observações da seguinte maneira: caso as alterações de concentração resultem em redução no Q_c , o equilíbrio é deslocado no sentido direto, para que Q_c volte a ter o valor de K_c , mas se as alterações de concentração resultem em aumento do Q_c , o equilíbrio é deslocado no sentido inverso.

Nesse momento, é importantíssimo salientar que não se deve aplicar o Princípio de Le Chatelier para sistemas que não estejam em equilíbrio. E isso deve ser levado em consideração, já que é perfeitamente possível que em um sistema não equilibrado com $Q_c < K_c$, perturbe-se o sistema aumentando-se a concentração de um produto e, assim mesmo, o sistema continue deslocando-se no sentido direto, ou seja, no sentido de igualar Q_c e K_c . Pode parecer uma aparente contradição em relação ao que foi estudado até agora, mas isso constitui apenas uma aplicação indevida do Princípio de Le Chatelier, já que ele só é válido para perturbações em sistemas em equilíbrio.

Exercício resolvido

11 Seja o sistema em equilíbrio, em recipiente fechado e indeformável, dado pela equação:



Em que sentido o equilíbrio será deslocado se o perturbarmos:

- acrescentando $\text{CO}_{2(g)}$ ao sistema?
- acrescentando $\text{C}_{(s)}$ ao sistema?
- acrescentando $\text{CO}_{(g)}$ ao sistema?

Resolução:

- A natureza agirá no sentido de diminuir a concentração de $\text{CO}_{2(g)}$ deslocando o equilíbrio no sentido direto.
- O acréscimo de um sólido pode até aumentar a quantidade desse sólido no sistema, mas não altera a sua concentração (conforme explicado anteriormente). Portanto, não haverá deslocamento de equilíbrio, já que o acréscimo de sólido sequer perturba o sistema em equilíbrio (Q_c não sofre alteração).
- A natureza agirá no sentido de diminuir a concentração de $\text{CO}_{(g)}$, deslocando o equilíbrio no sentido inverso.

É importante salientar que todo deslocamento de equilíbrio ocorre no sentido de manter a constante de equilíbrio fixa, caso a temperatura não seja alterada.

Temperatura

No capítulo de Termoquímica (estudado anteriormente nessa mesma frente), foram estudadas as trocas de calor que ocorrem em reações químicas. As reações que liberam calor são chamadas de exotérmicas. Essas reações têm $\Delta H < 0$ e aquecem o meio reacional. As reações que absorvem calor são chamadas de endotérmicas, têm $\Delta H > 0$ e resfriam o meio reacional. Esquemáticamente:

Reação exo \Rightarrow libera calor $\Rightarrow \Delta H < 0 \Rightarrow$ meio mais quente
 Reação endo \Rightarrow absorve calor $\Rightarrow \Delta H > 0 \Rightarrow$ meio mais frio

Quando se altera a temperatura de um sistema reacional em equilíbrio, perturba-se esse sistema e, conseqüentemente, o equilíbrio é deslocado segundo o Princípio de Le Chatelier. Aplicando-se o Princípio, quando se aumenta a temperatura de um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, resfriando o sistema. Mas, para que o sistema seja resfriado, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido endotérmico. Seguindo a mesma linha de raciocínio, quando se diminui a temperatura de um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, aquecendo o sistema. Mas, para que o sistema seja aquecido, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido exotérmico. Diferentemente do que ocorre quando a perturbação se dá por modificação de concentrações, a perturbação por mudança de temperatura altera o valor da constante de equilíbrio. Se no caso da mudança de concentrações o deslocamento ocorria no sentido de manter fixo o K_c , no caso da mudança de temperatura o deslocamento ocorre no sentido de alterar o K_c .

Portanto:

↑ Temperatura ⇒ desloca no sentido ENDO

↓ Temperatura ⇒ desloca no sentido EXO

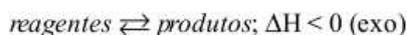
É importante que se estude também de que maneira a variação de temperatura influi na constante de equilíbrio. Por exemplo:

- Para a reação de equação:



1. Se o sistema em equilíbrio for aquecido, o deslocamento será no sentido endotérmico, que, nesse caso, é o sentido direto. Portanto, o aquecimento aumenta K_c .
2. Se o sistema em equilíbrio for resfriado, o deslocamento será no sentido exotérmico, que, nesse caso, é o sentido inverso. Portanto, o resfriamento diminui K_c .

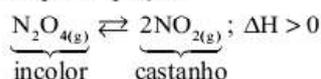
- Para a reação de equação:



1. Se o sistema em equilíbrio for aquecido, o deslocamento será no sentido endotérmico, que, nesse caso, é o sentido inverso. Portanto, o aquecimento diminui K_c .
2. Se o sistema em equilíbrio for resfriado, o deslocamento será no sentido exotérmico, que, nesse caso, é o sentido direto. Portanto, o resfriamento aumenta K_c .

Exercício resolvido

12 Seja o sistema em equilíbrio, em recipiente fechado e indeformável, dado pela equação:



As cores dos gases participantes no equilíbrio estão indicadas na equação. Em que sentido se desloca o equilíbrio, o que ocorre com a constante de equilíbrio K_c e qual o aspecto (cor) predominante do sistema se:

- a) o sistema for aquecido?
- b) o sistema for resfriado?

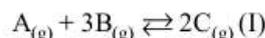
Resolução:

- a) Pelo Princípio de Le Chatelier, se o sistema em equilíbrio for aquecido, o equilíbrio será deslocado no sentido endotérmico, que é o sentido direto. Nesse caso, há aumento da constante de equilíbrio K_c e a cor predominante será o castanho intenso.
- b) Pelo Princípio de Le Chatelier, se o sistema em equilíbrio for resfriado, o equilíbrio será deslocado no sentido exotérmico, que é o sentido inverso. Nesse caso, há redução no valor da constante de equilíbrio K_c e a cor predominante será o castanho claro tendendo a incolor.

Devemos tomar muito cuidado com esse exemplo que acabamos de analisar, pois ele tem altíssima incidência nos principais vestibulares.

Pressão

Quando a perturbação imposta a um sistema em equilíbrio ocorre por mudança de pressão, deve-se prestar muita atenção à razão que motivou essa mudança. Observe o caso a seguir:



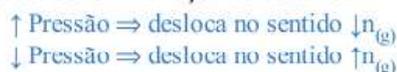
A pressão total, segundo a Lei de Dalton (já estudada nessa mesma frente no capítulo de gases), é a soma das pressões parciais:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Logo, pode-se aumentar a pressão total de 5 diferentes maneiras: aumentando-se a pressão parcial de A, aumentando-se a pressão parcial de B, aumentando-se a pressão parcial de C, diminuindo-se o volume do recipiente em que os gases se encontram e introduzindo-se um gás inerte.

Para os três primeiros casos, em que se varia a pressão total alterando-se apenas uma das pressões parciais, o deslocamento é rigorosamente similar ao da variação de concentrações, estudada anteriormente. Mas se a variação de pressão se dá por variação de volume, a alteração da pressão total é equivalente à alteração de todas as pressões parciais. Por exemplo: se o volume do recipiente é reduzido pela metade, a pressão total dobra, bem como dobram todas as pressões parciais.

Para o caso de variação de pressão por variação de volume, aplicando o enunciado do Princípio de Le Chatelier, quando a pressão é aumentada, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, reduzindo a pressão. Para tanto, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido em que há a menor quantidade (número de mols) de gás. Para o caso contrário, o raciocínio é similar: quando a pressão é reduzida por variação de volume, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, aumentando a pressão. Para tanto, o equilíbrio deve ser deslocado no sentido em que há a maior quantidade (número de mols) de gás. Portanto, quando se tem variação de volume:



Nesse caso, deve-se lembrar de que os deslocamentos ocorrem no sentido de manter a constante de equilíbrio fixa, já que a temperatura não é alterada.

Exercício resolvido

13 Seja o sistema em equilíbrio, em um recipiente fechado e deformável, dado pela equação:



Em que sentido se desloca o equilíbrio se:

- a) a pressão total for aumentada devido a variação de volume?
- b) a pressão total for reduzida devido a variação de volume?

Resolução:

- a) Pelo Princípio de Le Chatelier, se a pressão foi aumentada, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, no sentido de diminuir-la. Para tanto, o deslocamento

deve ocorrer no sentido da menor quantidade de gás. Como $n_{(g), \text{ reagentes}} = 1 \text{ mol}$ e $n_{(g), \text{ produtos}} = 2,5 \text{ mol}$, o equilíbrio se desloca no sentido inverso.

- b) Diminuindo-se a pressão, a natureza age no sentido de aumentá-la, deslocando o equilíbrio no sentido de maior quantidade de gás, que, nesse caso, é o sentido direto.

Essa é uma análise qualitativa, baseada apenas no Princípio de Le Chatelier. Entretanto, podemos também fazer uma análise quantitativa para comprovar a validade do Princípio. Nesse caso, para a equação (I), teríamos uma alteração de Q_p , dada por:

$(Q_p)_0 = \frac{(P_C)^2}{(P_A) \cdot (P_B)^3}$ (quociente de pressões antes da perturbação)

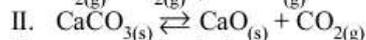
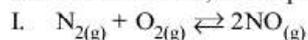
$$(Q_p) = \frac{(2P_C)^2}{(2P_A) \cdot (2P_B)^3} \therefore (Q_p) = \frac{4(P_C)^2}{2(P_A) \cdot 8(P_B)^3}$$

Logo, teremos que $(Q_p) = \frac{1}{4} \cdot (Q_p)_0$ (quociente de pressões após a perturbação).

Como o quociente das pressões foi diminuído, a natureza age no sentido de aumentá-lo, para que volte a ter o valor de K_p , já que a temperatura não foi alterada (constante de equilíbrio não se altera). Nesse caso, o deslocamento ocorre no sentido direto. Entretanto, se a soma dos coeficientes dos reagentes fosse menor do que a soma dos coeficientes dos produtos, note como Q_p teria aumentado. Nesse caso, o deslocamento do equilíbrio se daria no sentido inverso.

Exercício resolvido

14 Sejam os sistemas em equilíbrio, em recipientes fechados e deformáveis, dados pelas equações:



Em que sentido deslocam-se os equilíbrios se aumentarmos a pressão total por redução de volume?

Resolução:

No equilíbrio I, como o número de mols de gases nos reagentes (2 mols) é o mesmo número de mols de gases nos produtos (2 mols), a variação de pressão não implica em deslocamento de equilíbrio.

No equilíbrio II, o número de mols de sólidos não devem interferir quando a perturbação do equilíbrio se dá por variação de pressão. Portanto, não há reagente gasoso, mas há 1 mol de produto gasoso. Como o aumento de pressão acarreta deslocamento para o lado de menor número de mols de gás, nesse caso o equilíbrio é deslocado no sentido inverso.

Ainda há uma última possibilidade de aumento da pressão total: por introdução de gás inerte. Se for injetado um gás inerte a um meio reacional em equilíbrio contido em um recipiente fechado e indeformável, não há deslocamento de equilíbrio. Isso ocorre porque a introdução de gás inerte não provoca nenhuma

alteração nas pressões parciais dos outros gases e, portanto, Q_p não é alterado. Nesse caso, o equilíbrio sequer foi perturbado, não havendo, portanto, deslocamento.

É importante salientar que catalisadores não deslocam equilíbrios, pois agem na reação direta e na reação inversa, não alterando a situação de equilíbrio. Os catalisadores apenas fazem com que se atinja o equilíbrio mais rapidamente, sem alterar a situação final que seria obtida em sua ausência.

Síntese de Haber-Bosch

Fritz Haber e Carl Bosch foram dois químicos que viveram na Alemanha e se tornaram célebres por otimizarem a síntese da amônia, NH_3 . O que pode parecer algo pouco importante em uma primeira análise ganha grande destaque sob o ponto de vista das consequências dessa descoberta para toda a humanidade.

Em 1909, o processo de síntese em larga escala foi desenvolvido e foi patenteado em 1910. A primeira grande aplicação foi durante a Primeira Grande Guerra, para se produzir explosivos e munições, já que o salitre vindo do Chile, que era usado como matéria prima, era insuficiente. Mas a grande aplicação da amônia atualmente se dá na produção de fertilizantes de alto desempenho, do tipo NPK (nitrogênio-fósforo-potássio). É difícil calcular a exata influência da síntese industrial da amônia na produção atual de alimentos, mas algumas estimativas chegam a dizer que 40% dos alimentos de origem agrícola produzidos atualmente se devem a isso. Não bastasse, há uma produção em larga escala de desinfetantes amoniacais, que auxiliam nos processos de limpeza caseiros, industriais e até mesmo hospitalares. Certamente, o mundo seria bem diferente sem a síntese industrial da amônia. Foi um processo que provocou profundas mudanças no século XX. Por isso, é de importância extrema, sendo largamente avaliado nos exames vestibulares.

A reação de equação $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ é reversível, e sendo reversível, seu rendimento melhora segundo fatores externos que podem ser otimizados, garantindo produção de amônia em larga escala. Entretanto, é inegável que não somente o rendimento é importante, mas a velocidade de produção também é fundamental para o processo. A seguir, mostra-se um gráfico que expressa o rendimento da síntese da amônia em função de condições de pressão e temperatura:

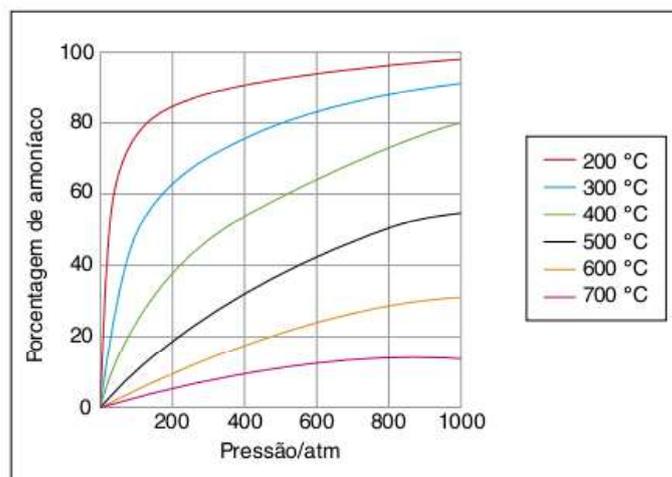
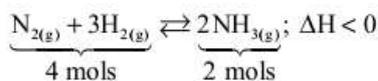


Fig. 7 Gráfico: Rendimento da síntese de NH_3 em função de pressão e temperatura.

As ótimas condições podem ser analisadas pelo Princípio de Le Chatelier. Observe pelo gráfico, que o rendimento será melhor quanto menor for a temperatura e maior for a pressão. Analisando a equação da síntese, podemos entender essas influências:



Como a reação de síntese de amônia é exotérmica, ela é certamente favorecida a temperaturas mais baixas. Além disso, como o sentido direto diminui o número de mols de gases, ele é favorecido por pressões altas. Essas seriam, portanto, as condições para a otimização de rendimento. Entretanto, em baixas temperaturas, temos um problema de velocidade de produção, bem como altas pressões acarretam em um problema de custo operacional elevado.

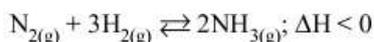
Dado que a temperatura baixa melhora o rendimento e a alta viabiliza a velocidade de produção em larga escala, o melhor compromisso entre esses fatores antagônicos se dá por volta de 250 °C.

Da mesma forma, altas pressões melhoram o rendimento do processo, mas pressões muito altas têm custos operacionais inviáveis. Portanto, o melhor compromisso entre esses fatores se dá por volta de 450 atm.

Além disso, utiliza-se ferro como catalisador heterogêneo do processo. O catalisador não altera a situação final de equilíbrio, mas acelera o tempo em que se chega a ele, aumentando a velocidade de produção da amônia.

Exercício resolvido

15 Para a síntese da amônia, que é dada pela equação:



Explique, baseado no Princípio de Le Chatelier, todas as condições para as quais se aumenta o rendimento da reação. Além disso, quais são os fatores que aumentam a velocidade do processo?

Resolução:

O rendimento da reação é melhorado quando as condições favorecem o deslocamento do equilíbrio em seu sentido direto. Nesse caso, devem-se aumentar as concentrações de $\text{N}_{2(\text{g})}$ e $\text{H}_{2(\text{g})}$ e reduzir a concentração de $\text{NH}_{3(\text{g})}$ no meio reacional. A temperatura deve ser baixa, o que favorece o sentido exotérmico. A pressão deve ser alta, para favorecer o sentido de menor número de mols de gás.

Para aumentar a velocidade de produção de amônia a fim de torná-la industrial, deve-se elevar a temperatura de forma a não comprometer demais o rendimento do processo, além da adição de catalisador (o mais empregado é o ferro).

Equilíbrios Iônicos

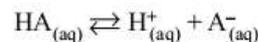
Os equilíbrios são iônicos quando existem íons envolvidos no processo. Nos itens anteriores, só estudamos equilíbrios moleculares, ou seja, equilíbrios em que não haviam íons na equação representativa do processo. Para começarmos o

estudo sobre esse importante assunto, devemos fazer algumas importantes considerações:

- para que um equilíbrio seja iônico, a substância envolvida deve ser um eletrólito (leia mais sobre eletrólitos na frente 2 desse mesmo volume, em Teoria de Arrhenius), que deve estar dissolvido em um solvente que promova a sua ionização/dissociação. O solvente que reúne essas características é a água, um solvente líquido, polar (ideal para a ionização/dissociação de eletrólitos), abundante e é solvente da grande maioria das soluções existentes. Vamos trabalhar com equilíbrios iônicos em solução aquosa;
- quando o eletrólito é muito forte, a ionização/dissociação é total. Portanto, o rendimento é de 100% e o sistema não entra em equilíbrio. Isso significa que o estudo de um equilíbrio iônico faz muito mais sentido quando feito para eletrólitos fracos, que atingem a situação final de equilíbrio com muito mais facilidade. Aqui, iremos priorizar o estudo de equilíbrios iônicos para eletrólitos fracos, como exigem os principais vestibulares;
- nos equilíbrios moleculares, a água é uma substância ativa no processo, podendo ser reagente ou produto. Isso porque a sua concentração varia no decorrer da reação. Entretanto, em equilíbrios iônicos, a água não é substância ativa, mas apenas um meio dispersante. Não é reagente ou produto, apenas um solvente no qual a substância ativa ioniza/dissocia. Sua concentração não se altera de maneira significativa durante o processo. Nesse caso, as constantes de equilíbrio iônico não dependem da concentração da água, já que essa concentração é praticamente constante, como no caso dos sólidos, já estudados anteriormente;
- a ionização dos ácidos (principalmente os fracos), a ionização das bases, a autoionização da água e a hidrólise de íons derivados de ácidos e de bases fracas são os equilíbrios iônicos que estudaremos. Aqui, vale ressaltar que, para as bases, só faz sentido analisarmos os equilíbrios iônicos daquelas que ionizam. Isso porque as que dissociam e são solúveis, são fortes e, portanto, não atingem o equilíbrio;
- a dissociação de compostos praticamente insolúveis, como alguns sais e algumas bases que serão estudadas adiante, em equilíbrios iônicos heterogêneos.

Ionização dos ácidos: (K_a)

Os ácidos sofrem ionização segundo a equação:



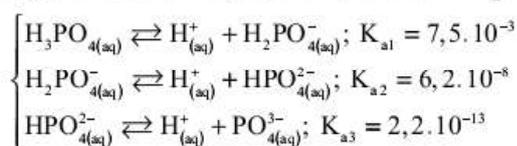
A água, como já vimos, age apenas como dispersante. Portanto, a constante de equilíbrio iônico é dada por:

$$K_a = \frac{[\text{H}^+_{(\text{aq})}] \cdot [\text{A}^-_{(\text{aq})}]}{[\text{HA}_{(\text{aq})}]}$$

Quando o ácido é forte, sua ionização tende a 100% e a constante K_a tende a infinito. Como se vê, não há sentido químico na análise de equilíbrios de ácidos fortes. Quanto mais um ácido ioniza, mais íons e menos ácido não ionizado haverá no sistema, ou seja, maior será o valor de K_a . Portanto:

$$\uparrow \text{força de ácido} \Rightarrow \uparrow K_a$$

Se um ácido for poliprótico (com mais de um hidrogênio ionizável), para cada ionização parcial, haverá um K_a . Veja:



Portanto, as expressões de K_a devem ser escritas para eletrólitos monovalentes. Além disso, $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3} > K_{a4}$, já que, quanto mais um ácido ioniza, mais difícil será a ionização do hidrogênio seguinte. Isso ocorre porque, à medida que se retira um H^+ do eletrólito, a espécie remanescente fica mais negativamente carregada e, portanto, libera outra carga positiva com mais dificuldade, dada a maior atração eletrostática.

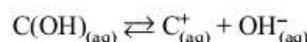
A seguir temos uma tabela com valores de K_a para alguns ácidos:

Ácido	Base	K_a
HClO_4	$\rightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}_4^-$	
HI	$\rightarrow \text{H}^+ + \text{I}^-$	
HBr	$\rightarrow \text{H}^+ + \text{Br}^-$	
HCl	$\rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	
HNO_3	$\rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$	
H_2SO_4	$\rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$	
H_3O^+	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$	1,0
HIO_3	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{IO}_3^-$	$1,7 \cdot 10^{-1}$
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC}_2\text{O}_4^-$	$5,9 \cdot 10^{-2}$
H_2SO_3	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$	$1,5 \cdot 10^{-2}$
HSO_4^-	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
H_3PO_4	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$	$7,5 \cdot 10^{-3}$
$\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}^{2+}$	$6,0 \cdot 10^{-3}$
$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^-$	$7,1 \cdot 10^{-4}$
HNO_2	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_2^-$	$4,6 \cdot 10^{-4}$
HF	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$	$3,5 \cdot 10^{-4}$
HCOOH	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCOO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
$\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$	$6,5 \cdot 10^{-5}$
HC_2O_4^-	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$
CH_3COOH	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
$\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^-$	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7^{2-}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$
$\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$
H_2CO_3	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$	$4,3 \cdot 10^{-7}$
$\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$	$4,1 \cdot 10^{-7}$
HSO_3^-	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
H_2S	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$	$9,1 \cdot 10^{-8}$
H_2PO_4^-	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$	$6,2 \cdot 10^{-8}$
H_3BO_3	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{BO}_3^-$	$7,3 \cdot 10^{-10}$
NH_4^+	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NH}_3$	$5,6 \cdot 10^{-10}$
HCN	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CN}^-$	$4,9 \cdot 10^{-10}$
$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$	$1,3 \cdot 10^{-10}$
HCO_3^-	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$	$5,6 \cdot 10^{-11}$
H_2O_2	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HO}_2^-$	$2,4 \cdot 10^{-12}$
HPO_4^{2-}	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-}$	$2,2 \cdot 10^{-13}$
H_2O	$\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$	$1,0 \cdot 10^{-14}$

Tab. 1 Valores de K_a , a 25 °C.

Ionização das bases: (K_b)

A ionização das bases fracas pode ser representada pela seguinte equação:



Para esse caso, a constante de ionização é dada por:

$$K_b = \frac{[\text{C}^+_{(\text{aq})}] \cdot [\text{OH}^-_{(\text{aq})}]}{[\text{C}(\text{OH})_{(\text{aq})}]}$$

Assim como no caso dos ácidos, não há sentido quando se aplica K_b para uma base forte, já que o valor tende para o infinito. Para bases fracas, quanto maior a ionização, mais íons e menos base não ionizada se tem em solução. Com isso, analogamente à K_a , K_b é tanto maior quanto mais forte for a base.

\uparrow força da base $\Rightarrow \uparrow K_b$

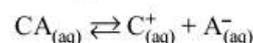
As bases fracas são principalmente as aminas e o NH_4OH . Essas bases são monovalentes. A seguir temos uma tabela com valores de K_b :

Nome	Fórmula	K_b
Amônia	NH_3	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Metilamina	CH_3NH_2	$4,38 \cdot 10^{-4}$
Etilamina	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	$5,6 \cdot 10^{-4}$
Dietilamina	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Anilina	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$3,8 \cdot 10^{-10}$
Piridina	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	$1,7 \cdot 10^{-9}$

Tab. 2 Valores de K_b , a 25 °C.

Constante de ionização: (K_i)

A constante de ionização (K_i) é uma generalização de todas as constantes de equilíbrio iônico homogêneo, incluindo aquelas que já foram estudadas, como K_a e K_b . Portanto, para um eletrólito genérico em que C é o cátion e A é o ânion, temos:



Para esse equilíbrio, a constante de ionização é dada por:

$$K_i = \frac{[\text{C}^+_{(\text{aq})}] \cdot [\text{A}^-_{(\text{aq})}]}{[\text{CA}_{(\text{aq})}]}$$

Se um determinado eletrólito CA for adicionado à água, de modo que sua concentração molar seja \mathfrak{M} , uma porcentagem α (chamada de **grau de ionização**) se converterá efetivamente em íons. Com isso, pode-se montar a tabela que revela, a partir do início, o que ocorre até que se estabeleça a situação de equilíbrio:

α	$\text{CA}_{(\text{aq})} \rightleftharpoons$	$\text{C}^+_{(\text{aq})}$	$\text{A}^-_{(\text{aq})}$
Início	\mathfrak{M}	0	0
Reagiu	$-\mathfrak{M} \cdot \alpha$	$+\mathfrak{M} \cdot \alpha$	$+\mathfrak{M} \cdot \alpha$
Equilíbrio	$\mathfrak{M} - \mathfrak{M} \cdot \alpha$	$\mathfrak{M} \cdot \alpha$	$\mathfrak{M} \cdot \alpha$

Substituindo as concentrações das espécies no momento do equilíbrio, temos:

$$K_i = \frac{[C_{(aq)}^+][A_{(aq)}^-]}{[CA_{(aq)}]} \therefore K_i = \frac{(\mathfrak{M} \cdot \alpha) \cdot (\mathfrak{M} \cdot \alpha)}{(\mathfrak{M} - \mathfrak{M} \cdot \alpha)} \therefore K_i = \frac{\mathfrak{M}^2 \cdot \alpha^2}{\mathfrak{M} \cdot (1 - \alpha)}$$

$$K_i = \frac{\mathfrak{M} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

Essa relação matemática é muito importante. Com ela, ganha-se agilidade na resolução de muitas questões e na análise de problemas como diluição de eletrólitos fracos e condutividade de soluções eletrolíticas. Essa relação é conhecida como **Lei de Ostwald**.

Para o cálculo da constante de ionização, deve-se levar em conta o seguinte:

$$\begin{cases} \text{Se } \alpha > 10\% \Rightarrow K_i = \frac{\mathfrak{M} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \\ \text{Se } \alpha < 10\% \Rightarrow (1 - \alpha) \cong 1 \Rightarrow K_i = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \end{cases}$$

Para eletrólitos fracos, que são o foco do nosso estudo, $\alpha < 10\%$. Portanto, na grande maioria das vezes, utilizamos a aproximação $K_i = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2$.

Outra observação importante pode ser retirada da tabela:

$$[\text{ions}]_{\text{eq}} = \mathfrak{M} \cdot \alpha$$

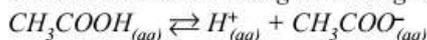
Observe os exemplos a seguir, em que é possível analisar as inúmeras aplicações da Lei de Ostwald.

Exercícios resolvidos

16 O ácido acético tem, a 25 °C, $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$. Em uma solução 2 mol/L desse ácido, na temperatura ambiente, qual o seu grau de ionização?

Resolução:

O ácido acético ioniza segundo a seguinte equação:



Quando a incógnita do problema é o grau de ionização (α), não sabemos se ele é maior ou menor do que 10%. Mas, como na maioria das vezes, lidamos com eletrólitos muito fracos, então a tendência natural é de que seja menor do que 10%, para a qual vale a aproximação $K_i = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2$. Se, usando essa aproximação, $\alpha > 10\%$, então refaça o problema usando

$$K_i = \frac{\mathfrak{M} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

Substituindo valores, temos:

$$K_i = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 9 \cdot 10^{-6} \Rightarrow$$

$$\alpha = 3 \cdot 10^{-3} \text{ ou } 0,3\%$$

Portanto, o grau de ionização encontrado é compatível com a aproximação utilizada de início.

17 Adiciona-se ácido acético à água até que a sua concentração inicial, ou seja, sem levar em conta a sua ionização, seja de $6,8 \cdot 10^{-4}$ mol/L. Sabendo-se que o ácido acético tem, a 25 °C, $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$, responda:

- Na temperatura ambiente, qual o seu grau de ionização?
- Qual será a concentração de íons $H^+_{(aq)}$ no equilíbrio?

Resolução:

a) Pela Lei de Ostwald, temos:

$$K_i = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2 \Rightarrow \alpha^2 = 2,65 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \alpha = 0,163 \text{ ou } 16,3\%$$

Nesse caso, o valor encontrado não é compatível com a aproximação utilizada. Portanto, devemos utilizar a Lei de Ostwald sem aproximações:

$$K_i = \frac{\mathfrak{M} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow 1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{6,8 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow$$

$$0,02647 = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} \Rightarrow \alpha^2 + 0,02647\alpha - 0,02647 = 0$$

Resolvendo-se a equação do 2º grau, tem-se:

$$\alpha = 0,15 \text{ ou } 15\%$$

A outra solução da equação do 2º grau obtida é negativa e, portanto, incompatível para um grau de equilíbrio.

b) A concentração de íons $H^+_{(aq)}$ no equilíbrio será

$$[H^+_{(aq)}] = \mathfrak{M} \cdot \alpha \Rightarrow [H^+_{(aq)}] = 6,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,15 \Rightarrow$$

$$[H^+_{(aq)}] \cong 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

18 Uma solução aquosa de um ácido monoprotico fraco, de concentração 0,5 mol/L, tem o ácido 2% ionizado, nas condições do ambiente. Se essa solução for diluída até que a concentração seja reduzida a 0,1 mol/L, qual será o novo grau de ionização desse ácido, na mesma temperatura?

Resolução:

A análise qualitativa desse problema é muito simples: quanto mais diluído um ácido estiver, maior será a sua ionização. Entretanto, o problema quer uma análise quantitativa, que deve ser feita pela Lei de Ostwald. Como a temperatura não muda durante a diluição, a constante de equilíbrio não se altera. Portanto:

$$K_i = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2 \Rightarrow (\mathfrak{M} \cdot \alpha^2)_{\text{concentrada}} = (\mathfrak{M} \cdot \alpha^2)_{\text{diluída}} \Rightarrow$$

$$0,5 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2 = 0,1 \cdot \alpha_{\text{diluída}}^2 \Rightarrow \alpha_{\text{diluída}} = 4,47\%$$

Observe que, com a diluição o grau de ionização, de fato, aumentou. O resultado já era qualitativamente esperado.

19 Uma solução aquosa de um ácido monoprotico fraco, de concentração 0,2 mol/L, foi diluída. Discuta, em termos qualitativos:

- O que ocorre com o número de íons durante a diluição?
- O que ocorre com a concentração de íons durante a diluição?
- O que ocorre com a condutividade eletrolítica da solução durante a diluição?

Resolução:

a) Segundo o exemplo anterior, durante uma diluição com temperatura constante, temos: $(\mathfrak{M} \cdot \alpha^2)_{\text{concentrada}} = (\mathfrak{M} \cdot \alpha^2)_{\text{diluída}}$. Portanto, se $\mathfrak{M}_{\text{concentrada}} > \mathfrak{M}_{\text{diluída}}$ então $\alpha_{\text{concentrada}} < \alpha_{\text{diluída}}$. Com o aumento do grau de ionização, o número de íons em solução aumenta durante a diluição.

b) Pela lei de Ostwald, com temperatura constante e diluição, temos:

$$\frac{K_i}{c} = \downarrow \mathfrak{M} \cdot \uparrow \alpha^2. \text{ Portanto, se a diluição provoca redução}$$

da concentração e consequente aumento do grau de equilíbrio, então $\frac{K_i}{c} = \downarrow \mathfrak{M} \cdot \uparrow \alpha^2 = \downarrow (\mathfrak{M} \cdot \alpha) \cdot \uparrow \alpha$. Com isso,

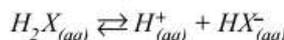
nota-se que $\mathfrak{M} \cdot \alpha$, que é a concentração dos ions no equilíbrio, diminui.

c) Como a condutividade eletrolítica de uma solução depende da concentração dos ions em solução, então conclui-se que, durante a diluição de uma solução de um ácido fraco, a solução passa a conduzir menos corrente.

20 Seja um diácido fraco, com constantes de equilíbrio $K_{a1} = 10^{-5}$ e $K_{a2} = 10^{-11}$, na temperatura de 25 °C. Para uma solução aquosa 0,1 mol/L desse ácido, calcule a concentração do ânion bivalente no equilíbrio.

Resolução:

A 1ª ionização do ácido é dada por:



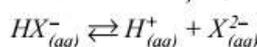
Pela lei de Ostwald, temos:

$$K_{a1} = \mathfrak{M}_1 \cdot (\alpha_1)^2 \Rightarrow 10^{-5} = 0,1 \cdot (\alpha_1)^2 \Rightarrow \alpha_1 = 10^{-2} \text{ ou } 1\%$$

Portanto,

$$[H^+_{(aq)}] = [HX^-_{(aq)}] = \mathfrak{M} \cdot \alpha = 0,1 \cdot 10^{-2} = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Para a 2ª ionização, temos:



Nesse caso, como $K_{a2} \ll K_{a1}$, temos que a quantidade de hidrogênio ionizável produzido na 2ª ionização é desprezível em relação ao que foi produzido na 1ª. É bom lembrar que os dois equilíbrios estão ocorrendo no mesmo meio reacional e, portanto, não há dúvida de que a quantidade de hidrogênio ionizável disseminada no solvente é praticamente aquela que foi gerada na 1ª ionização. Com isso, para o equilíbrio da 2ª ionização, temos:

$$K_{a2} = \frac{[H^+_{(aq)}] \cdot [X^{2-}_{(aq)}]}{[HX^-_{(aq)}]} \Rightarrow 10^{-11} = \frac{10^{-3} \cdot [X^{2-}_{(aq)}]}{10^{-3}} \Rightarrow$$

$$[X^{2-}_{(aq)}] = 10^{-11} \text{ mol/L}$$

Se $[X^{2-}_{(aq)}] = 10^{-11} \text{ mol/L}$, a concentração de $H^+_{(aq)}$ gerada pela segunda ionização também vale 10^{-11} mol/L . Somado ao 10^{-3} mol/L que foi gerado na 1ª ionização, então

$$[H^+_{(aq)}]_{eq} = 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Aqui, há um resultado notável. O valor da concentração do ânion bivalente no equilíbrio, independentemente da concentração inicial do ácido, será a 2ª constante de ionização do ácido. Portanto:

$$[X^{2-}_{(aq)}] = K_{a2}$$

Esse resultado não se estende para a concentração de outros ânions que não os bivalentes. Por exemplo, $[X^{3-}_{(aq)}] \neq K_{a3}$, $[X^-_{(aq)}] \neq K_{a1}$ etc.

Com isso, é importante salientar que mesmo os ácidos polipróticos se comportam praticamente como monoácidos, já que a $[H^+_{(aq)}]$ é determinada praticamente pela 1ª ionização. Para

$$\text{esse problema, } \frac{[H^+_{(aq)}]_{2^\circ}}{[H^+_{(aq)}]_{1^\circ}} = \frac{10^{-11}}{10^{-3}} = 10^{-8} \text{ ou } 0,000001\%, \text{ o que}$$

é desprezível.

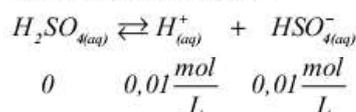
O único ácido poliprótico para o qual a 2ª ionização não é desprezível frente à 1ª é o ácido sulfúrico, H_2SO_4 .

21 Para o ácido sulfúrico, H_2SO_4 , de constantes de ionização $K_{a1} =$ muito grande e $K_{a2} = 0,012$, na temperatura de 25 °C, calcule, em uma solução aquosa desse ácido de concentração 0,01 mol/L:

- a) A concentração de $H^+_{(aq)}$ no equilíbrio, na temperatura ambiente;
- b) A razão entre o $H^+_{(aq)}$ produzido na 2ª ionização e na 1ª ionização.

Resolução:

a) Para a 1ª ionização, não há equilíbrio, já que o ácido ioniza totalmente. Portanto:



Para a 2ª ionização, temos que montar a tabela dos equilíbrios:

	$HSO^-_{4(aq)}$	$\rightleftharpoons H^+_{(aq)}$	$SO^{2-}_{4(aq)}$
Início	0,01	0,01	0
Reagiu	-x	+x	+x
Equilíbrio	0,01 - x	0,01 + x	x

Portanto,

$$K_{a2} = \frac{[H^+_{(aq)}] \cdot [SO^{2-}_{4(aq)}]}{[HSO^-_{4(aq)}]} \Rightarrow 0,012 = \frac{(0,01 + x) \cdot x}{(0,01 - x)} \Rightarrow$$

$$x^2 + 0,022x - 12 \cdot 10^{-5} = 0$$

Para essa equação do 2º grau, o único resultado de x que é positivo e, portanto, compatível, é $x = 4,524 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$.

$$\text{Assim, } [H^+_{(aq)}] = 1,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

b) A razão pedida é dada por:

$$\frac{[H^+_{(aq)}]_{2^\circ}}{[H^+_{(aq)}]_{1^\circ}} = \frac{4,524 \cdot 10^{-3}}{0,01} = 0,4524 \text{ ou } 45,24\%$$

Com esse resultado, é fácil observar que, para o ácido sulfúrico, a 2ª ionização não pode ser desprezada em relação a 1ª.

Revisando

1 É dada a seguinte constante de equilíbrio:

$$K_c = \frac{[C]^2[D]^5}{[A]^2[B]^4}$$

Sabendo que a reação possui apenas A, B, C e D como componentes, todos no estado gasoso, equacione a reação química correspondente a esse equilíbrio.

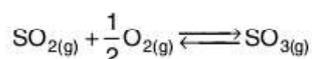
2 Os ésteres são compostos orgânicos derivados de ácidos e com larga aplicação como flavorizantes para doces e balas. O flavorizante de maçã (acetato de etila) pode ser produzido conforme a equação no equilíbrio:



Conhecendo-se as quantidades do número de mol/L no equilíbrio, especificado na tabela a seguir, calcule o valor da constante de equilíbrio dessa reação.

Componente	Concentração no equilíbrio (mol/L)
CH ₃ COOH	0,3
C ₂ H ₅ OH	0,3
CH ₃ COOC ₂ H ₅	0,6
H ₂ O	0,6

3 UFV 2011 (Adapt.) Uma das etapas de fabricação do ácido sulfúrico é a conversão de SO_2 a SO_3 , numa reação exotérmica, que ocorre segundo a equação:



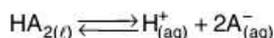
Em relação ao equilíbrio dessa reação, o que ocorre em um recipiente fechado de 5 litros quando:

- aumentamos a temperatura da reação?
- reduzimos a pressão à metade?
- aumentamos a concentração de O_2 ?
- adicionamos um catalisador?
- adicionamos de 10 mols de $\text{He}_{(g)}$ (gás inerte) no sistema?

4 CFTMG 2008 Em um recipiente de 10L de capacidade a 500°C , foram colocados 1 mol de hidrogênio gasoso (H_2) 1 mol de iodo gasoso (I_2). Atingido o equilíbrio, a análise do sistema mostrou que 0,40 mol de iodeto de hidrogênio gasoso (HI) estava presente. Partindo-se desses dados, o valor de K_c a 500°C , para essa reação, é:

- 0,25
- 0,44
- 2,25
- 4,00

5 Para determinado ácido, temos a seguinte reação:



Esse ácido possui um α de 0,7 e, no equilíbrio, possui as seguintes concentrações para cada componente, em mol/L:

HA_2	$0,4 \cdot 10^{-3}$
H^+	$1,0 \cdot 10^{-3}$
A^-	$2,0 \cdot 10^{-3}$

A partir desses dados, responda o que se pede:

- a constante de ionização.
- mantendo o volume e a temperatura constante, adicionou-se HA_2 no sistema até que sua concentração final no sistema fosse de $4 \cdot 10^{-3}$ mol/L. Calcule a constante de equilíbrio nessa nova situação.

Exercícios propostos

Constante de equilíbrio

1 Fuvest O íon complexo $[\text{Cr}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_2(\text{OH})_2]^+$ pode existir na forma de dois isômeros geométricos A e B que estão em equilíbrio:



Numa experiência, realizada a temperatura constante, em que se partiu do isômero A puro, foram obtidos os seguintes dados da concentração desse isômero em função do tempo, em segundos. Veja na tabela a seguir.

Tempo	$[\text{A}]/10^{-3} \text{ molL}^{-1}$	$[\text{B}]/10^{-3} \text{ molL}^{-1}$
0	11,6	
100	11,3	
200	11,0	
500	10,5	
1.000	10,2	
2.000	10,0	
2.500	10,0	
3.000	10,0	

- a) Obtenha os dados da concentração do isômero B e construa uma tabela desses dados para todos os tempos indicados.
- b) Qual o valor da constante desse equilíbrio? Justifique.

2 PUC-MG 2014 A reação $\text{A} \rightleftharpoons 2\text{B} + \text{C}$ apresenta, numa dada temperatura, constante de equilíbrio $K = 1$. A tabela abaixo representa, sob essa mesma temperatura, concentrações de A, B e C presentes numa mistura de A, B e C.

Mistura	$[\text{A}]/\text{molL}^{-1}$	$[\text{B}]/\text{molL}^{-1}$	$[\text{C}]/\text{molL}^{-1}$
I	2	1	1
II	1	1	1
III	1	0,5	1
IV	0,5	1	2

É correto afirmar que está em equilíbrio a mistura:

- (a) I
(b) II
(c) III
(d) IV

3 ITA O transporte de oxigênio (O_2) no organismo de vertebrados, via fluxo sanguíneo, é feito pela interação entre hemoglobina (Hb) e oxigênio. O monóxido de carbono (CO) em concentrações não tão elevadas (700 ppm) substitui o oxigênio

na molécula de hemoglobina. As interações entre O_2 e CO com a molécula de hemoglobina podem ser representadas, respectivamente, pelas seguintes equações químicas:

- I. $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightarrow \text{HbO}_2; K_{\text{c}}, \text{I}$
 II. $\text{Hb} + \text{CO} \rightarrow \text{HbCO}; K_{\text{c}}, \text{II}$,
 em que K_{c}, I e K_{c}, II são as constantes de equilíbrio para as respectivas interações químicas.

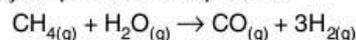
A formação de HbCO é desfavorecida pela presença de azul de metileno (AM). Esta substância tem maior tendência de interagir com o CO do que este com a hemoglobina. A reação do CO com o AM pode ser representada pela equação química:

- III. $\text{AM} + \text{CO} \rightarrow \text{AMCO}; K_{\text{c}}, \text{III}$

Com base nestas informações, para uma mesma temperatura, é correto afirmar que:

- (a) $K_{\text{c}}, \text{I} < K_{\text{c}}, \text{II} < K_{\text{c}}, \text{III}$
 (b) $K_{\text{c}}, \text{I} < K_{\text{c}}, \text{III} < K_{\text{c}}, \text{II}$
 (c) $K_{\text{c}}, \text{II} < K_{\text{c}}, \text{III} < K_{\text{c}}, \text{I}$
 (d) $K_{\text{c}}, \text{II} < K_{\text{c}}, \text{I} < K_{\text{c}}, \text{III}$
 (e) $K_{\text{c}}, \text{III} < K_{\text{c}}, \text{I} < K_{\text{c}}, \text{II}$

4 Vunesp O hidrogênio pode ser obtido do metano, de acordo com a equação química em equilíbrio:



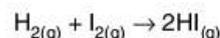
A constante de equilíbrio dessa reação é igual a 0,20 a 900 K. Numa mistura dos gases em equilíbrio a 900 K, as pressões parciais de $\text{CH}_{4(\text{g})}$ e de $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$ são ambas iguais a 0,40 atm e a pressão parcial de $\text{H}_{2(\text{g})}$ é de 0,30 atm.

- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio.
 b) Calcule a pressão parcial de $\text{CO}_{(\text{g})}$ no equilíbrio.

5 UFMG A figura representa dois recipientes de mesmo volume, interconectados, contendo quantidades iguais de $\text{I}_{2(\text{g})}$ e $\text{H}_{2(\text{g})}$, à mesma temperatura.

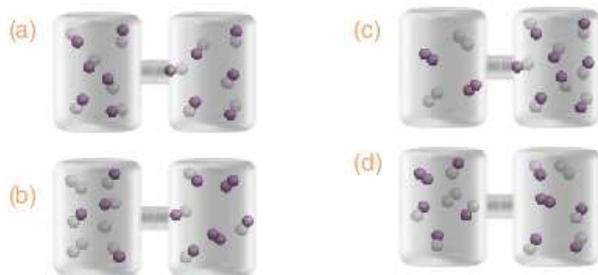
Inicialmente, uma barreira separa esses recipientes, impedindo a reação entre os dois gases.

Retirada essa barreira, os dois gases reagem entre si, até que o sistema atinja um estado de equilíbrio, como descrito na equação:

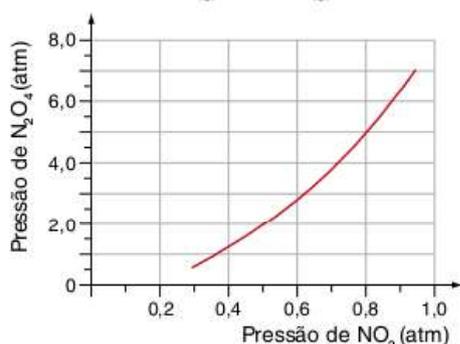
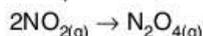


Considerando o conceito de equilíbrio químico e as propriedades de moléculas gasosas, assinale a alternativa que contém a representação mais adequada do estado de equilíbrio nessa reação.





6 Fuvest No gráfico, estão os valores das pressões parciais de NO_2 e de N_2O_4 , para diferentes misturas desses dois gases, quando, a determinada temperatura, é atingido o equilíbrio:



Com os dados desse gráfico, pode-se calcular o valor da constante (K_p) do equilíbrio atingido, naquela temperatura. Seu valor numérico é próximo de:

- (a) 1 (c) 4 (e) 12
 (b) 2 (d) 8

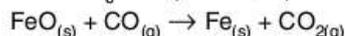
7 UFU A solução de iodo (I_2) tem propriedades anti-inflamatórias e tem uso tópico. A constante de equilíbrio (K) para a reação $\text{I}_{2(aq)} \rightarrow \text{I}_{2(\text{CCl}_4)}$ tem um valor aproximado de 100 à temperatura ambiente. Se em um determinado tempo a concentração de I_2 em água é 0,1 mol/L e de I_2 em CCl_4 é 1 mol/L, pode-se afirmar que:

- I. não ocorre nenhum movimento de I_2 entre os solventes.
- II. I_2 se moverá da água para CCl_4 .
- III. haverá redução da concentração de I_2 na solução de CCl_4 .
- IV. haverá redução da concentração de I_2 na solução de água.

Assinale a alternativa em que se encontram somente afirmativas verdadeiras.

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

8 UEL A constante K_c do equilíbrio, representado por



a 1.000 °C, é igual a 0,4.

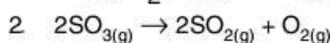
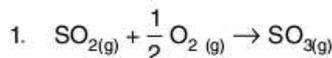
Logo, a proporção entre o número de moléculas de CO e CO_2 , no equilíbrio a essa temperatura, é:

- (a) 1 de CO para 1 de CO_2
 (b) 1 de CO para 4 de CO_2
 (c) 2 de CO para 5 de CO_2
 (d) 4 de CO para 1 de CO_2
 (e) 5 de CO para 2 de CO_2

9 Fatec 2012 Para que uma transformação química esteja em estado de equilíbrio dinâmico, é necessário, entre outros fatores, que:

- (a) os reagentes e produtos sejam incolores.
- (b) os reagentes e produtos estejam em estados físicos diferentes.
- (c) haja liberação de calor do sistema para o ambiente.
- (d) haja coexistência de reagentes e produtos no sistema.
- (e) as concentrações dos produtos aumentem com o tempo.

10 UFF Considere as equações indicadas por 1 e 2 cujas constantes de equilíbrio são, respectivamente, K_1 e K_2 .



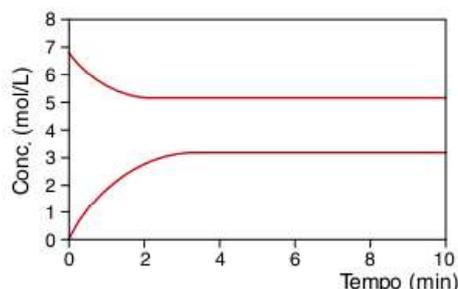
Identifique a expressão que relaciona, corretamente, K_1 e K_2 .

- (a) $K_1^2 = K_2$ (c) $K_1 = K_2$ (e) $K_1^{-2} = K_2$
 (b) $K_1 = K_2^2$ (d) $\sqrt{K_1} = K_2$

11 UFRGS Para a reação:



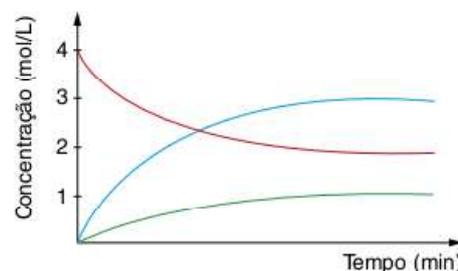
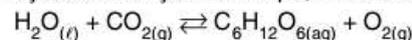
partindo de "A" puro, o gráfico a seguir representa a variação das concentrações de "A" e "B" em função do tempo.



Para essa reação, a constante estequiométrica do equilíbrio, nessas condições, vale:

- (a) 0,60 (c) 1,20 (e) 1,80
 (b) 0,83 (d) 1,67

12 CFTMG 2011 A fotossíntese é um processo bioquímico que converte gás carbônico e água em moléculas de glicose. Diferente do que aparenta, equivale a uma sequência complexa de reações que acontecem nos cloroplastos. Considere que esse fenômeno ocorra em uma única etapa, representada pela equação química, não balanceada, e pela curva da variação das concentrações em função do tempo, mostradas abaixo.

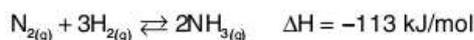


Nessa situação, a constante de equilíbrio (K_c) para a reação é, aproximadamente, igual a:

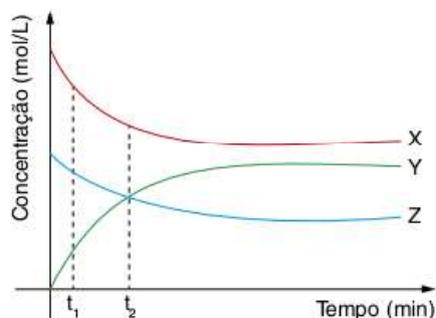
- (a) 0,1. (c) 11.
(b) 1,5. (d) 15.

Texto para a questão 13.

No mundo atual, são produzidas milhões de toneladas de compostos nitrogenados, entre os quais os fertilizantes são os mais importantes pelo papel que desempenham na produção de alimentos. Esses adubos agrícolas nitrogenados são fabricados a partir da amônia, que é produzida industrialmente através da síntese de Haber-Bosch, descrita pela seguinte equação:



13 UFPB 2011 A variação das concentrações do produto e dos reagentes da síntese de Haber-Bosch, em um reator mantido à temperatura constante, é mostrada no gráfico a seguir.



Com base nesse gráfico, é correto afirmar:

- (a) As curvas X, Y e Z referem-se a NH_3 , H_2 e N_2 respectivamente.
(b) As curvas X, Y e Z referem-se a H_2 , NH_3 e N_2 respectivamente.
(c) As curvas X, Y e Z referem-se a N_2 , NH_3 e H_2 respectivamente.
(d) A concentração do produto, em t_1 , é maior do que a dos reagentes.
(e) O sistema, em t_2 , está em equilíbrio.

14 UFRGS Conhecendo-se o valor da constante de equilíbrio (K_c), pode-se determinar a probabilidade de uma dada reação ocorrer na natureza.

Considere duas reações possíveis para a “fixação” do nitrogênio atmosférico, convertendo-o em compostos utilizáveis pelos seres vivos.

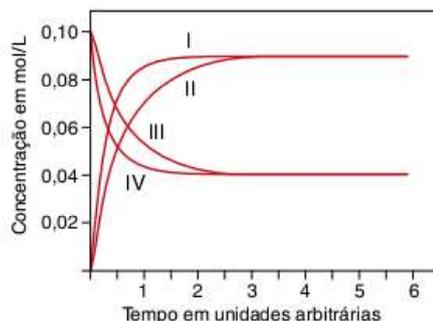
- I. $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)}$
 $K_c = 1 \cdot 10^{-30}$ a 25°C
II. $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NH}_{3(g)}$
 $K_c = 5 \cdot 10^8$ a 25°C

Para uma fixação eficiente de N_2 , é correto afirmar-se que:

- (a) a reação I não seria um processo adequado, pois a concentração de NO , no equilíbrio, seria extremamente pequena.
(b) a reação II não seria um processo adequado, pois o sistema em equilíbrio consistiria, praticamente, do produto NH_3 .
(c) a reação I seria um processo adequado, pois esta reação tende a se processar no sentido da formação de NO .
(d) a reação II seria um processo adequado, pois no equilíbrio são grandes as concentrações do N_2 e do H_2 .

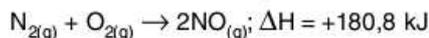
- (e) as duas reações são processos adequados, pois quando o equilíbrio é atingido nas duas reações, é grande a concentração de produtos.

15 Unicamp A figura a seguir representa, sob o ponto de vista cinético, a evolução de uma reação química hipotética na qual o reagente A se transforma no produto B. Das curvas I, II, III e IV, duas dizem respeito à reação catalisada e duas, à reação não catalisada.



- a) Quais das curvas representam as concentrações de A e de B, em função do tempo, para a reação não catalisada? Indique a curva que se refere à concentração de A e a curva que se refere à concentração de B.
b) Calcule o valor da constante de equilíbrio para a reação de transformação de A em B.

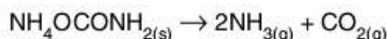
16 Unirio Os óxidos de nitrogênio desempenham um papel-chave na formação de “smog fotoquímico”. A queima de combustíveis a alta temperatura é a principal fonte de óxidos de nitrogênio. Quantidades detectáveis de óxido nítrico são produzidas pela reação em equilíbrio:



Supondo o sistema em equilíbrio e que numa determinada temperatura as pressões parciais dos gases em equilíbrio são iguais a: $P_{\text{NO}} = 0,1 \text{ atm}$; $P_{\text{N}_2} = 0,2 \text{ atm}$; $P_{\text{O}_2} = 0,01 \text{ atm}$, indique o valor correto da constante de equilíbrio (K_p).

- (a) 0,2 (d) 40
(b) 4 (e) 50
(c) 5

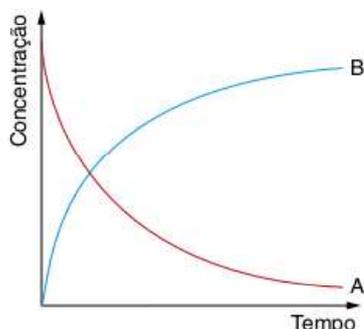
17 Fuvest O carbamato de amônio sólido, $\text{NH}_4\text{OCONH}_2$, se decompõe facilmente formando os gases NH_3 e CO_2 . Em recipiente fechado, estabelece-se o equilíbrio:



A 20°C , a constante desse equilíbrio, em termos de concentração mol/L, é igual a $4 \cdot 10^{-9}$.

- a) Um recipiente de 2 L, evacuado, contendo inicialmente apenas carbamato de amônio na quantidade de $4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ foi mantido a 20°C até não se observar mais variação de pressão. Nessas condições, resta algum sólido dentro do recipiente? Justifique com cálculos.
b) Para a decomposição do carbamato de amônio em sistema fechado, faça um gráfico da concentração de NH_3 em função do tempo, mostrando a situação de equilíbrio.

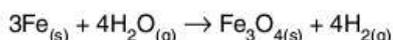
18 UFRGS 2010 Observe o gráfico a seguir, no qual a concentração do reagente e do produto de uma reação elementar $A \rightarrow B$ foi monitorada em função do tempo.



Assinale a alternativa correta a respeito dessa reação.

- (a) A reação ultrapassa o equilíbrio, porque a concentração final do produto é maior do que a do reagente.
- (b) A velocidade de desaparecimento de A é sempre igual à velocidade de formação de B.
- (c) A velocidade de formação de B torna-se maior que a velocidade de desaparecimento de A após o ponto em que as curvas se cruzam.
- (d) A velocidade da reação direta é igual à velocidade da reação inversa no ponto em que as curvas se cruzam.
- (e) A lei cinética para essa reação é $v = k [A] [B]$.

19 UEL Para a reação representada por:



a constante de equilíbrio K_p é expressa pela equação:

Dado: p = pressão parcial.

- (a) $K_p = p_{\text{H}_2}^4$
- (b) $K_p = p_{\text{H}_2}$
- (c) $K_p = \frac{p_{\text{Fe}}}{p_{\text{Fe}_3\text{O}_4}}$
- (d) $K_p = \frac{p_{\text{H}_2}^4 p_{\text{Fe}_3\text{O}_4}}{p_{\text{H}_2\text{O}}^4 p_{\text{Fe}}^3}$
- (e) $K_p = \frac{p_{\text{H}_2}^4}{p_{\text{H}_2\text{O}}^4}$

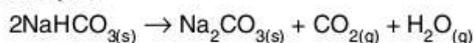
20 FEI A decomposição em fase gasosa, a 250 °C, representada pela equação $\text{PCl}_5(g) \rightarrow \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ apresenta uma constante de equilíbrio $K_c = 0,04$. A respeito da reação, foram levantados os seguintes dados de concentrações molares no equilíbrio:

Dados: $[\text{PCl}_5] = 1,5 \text{ mol/L}$, $[\text{Cl}_2] = 0,3 \text{ mol/L}$.

A concentração molar de PCl_3 no equilíbrio é:

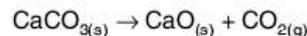
- (a) 125 mol/L
- (b) 37,2 mol/L
- (c) 1,2 mol/L
- (d) 0,3 mol/L
- (e) 0,2 mol/L

21 Cesgranrio Assinale, entre as opções abaixo, a razão $\frac{K_p}{K_c}$ relativas à reação:



- (a) 1
- (b) 2
- (c) RT
- (d) $(RT)^2$
- (e) $(RT)^3$

22 Fuvest A 800 °C, a constante de equilíbrio K_p (expressa em termos de pressão parcial em atm), para o equilíbrio representado a seguir, vale 0,22.



Explique o que aconteceria se o carbonato de cálcio fosse aquecido, a 800 °C, em recipiente aberto:

- a) na Terra, onde a pressão parcial do CO_2 atmosférico é $3 \cdot 10^{-4} \text{ atm}$.
- b) em Vênus, onde a pressão parcial do CO_2 atmosférico é 87.

23 Vunesp O equilíbrio gasoso $\text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{NO}_2$ apresenta, a uma dada temperatura, constante de equilíbrio $K_c = 2$. Nesta temperatura, foram feitas duas misturas diferentes, A e B, cada uma acondicionada em recipiente fechado, isolado e distinto. As condições iniciais estão mostradas na tabela a seguir.

Mistura	$[\text{NO}_2]$ mol/L	$[\text{N}_2\text{O}_4]$ mol/L
A	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$
B	$2 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-3}$

- a) Efetue os cálculos necessários e conclua se a mistura A se encontra ou não em situação de equilíbrio.
- b) Efetue os cálculos necessários e conclua se a mistura B se encontra ou não em situação de equilíbrio.

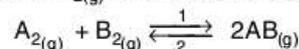
24 UEL Dentre os equilíbrios químicos:

- I. $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NH}_{3(g)}$
- II. $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(g)}$
- III. $\text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g) \rightarrow \text{PCl}_5(g)$
- IV. $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightarrow 2\text{HI}_{(g)}$
- V. $2\text{NO}_{(g)} + 2\text{H}_{2(g)} \rightarrow \text{N}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$

aquele com $K_p = K_c$ é:

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

25 UEL Num recipiente fechado, misturam-se 2,0 mols de $\text{A}_{2(g)}$ com 3,0 mols de $\text{B}_{2(g)}$. Ocorrem as reações:



Sendo v_1 e v_2 as velocidades das reações indicadas, $[\text{A}_2]$ e $[\text{B}_2]$ as concentrações dos reagentes em mol/L, pode-se afirmar que o sistema atinge o equilíbrio quando:

- (a) $v_1 = v_2$
- (b) $v_1 = 2v_2$
- (c) $[\text{A}_2] = 0$
- (d) $[\text{B}_2] = 0$
- (e) $[\text{A}_2] = [\text{B}_2]$

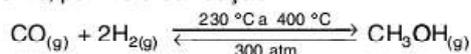
26 Uece Para a reação: $2\text{X} + \text{Y} \rightarrow 3\text{T} + 2\text{Z}$, foram realizados cinco experimentos cujos resultados foram:

Experimento	Concentração (mol/L)			
	X	Y	T	Z
I	5,0	9,0	3,0	5,0
II	1,0	3,0	1,0	2,0
III	2,0	6,0	2,0	3,0
IV	2,0	1,8	0,9	4,0
V	8,0	12,0	4,0	6,0

Sabendo-se que o equilíbrio químico foi atingido em três experimentos, indique os dois que não atingiram.

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

27 UFF O álcool metílico (metanol) pode ser preparado, comercialmente, por meio da reação:

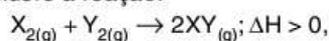


Este composto é utilizado em carros da Fórmula Indy como combustível e, às vezes, por pessoas inescrupulosas, em bebidas alcoólicas. Neste último caso, o efeito tóxico do metanol provoca problemas no sistema nervoso, nervos ópticos e retina. Os sintomas de intoxicação são violentos e aparecem entre nove e trinta e seis horas após sua ingestão. No organismo, o composto sofre oxidação, originando formaldeído e ácido fórmico, ambos tóxicos. O metanol tem ação cumulativa, pois é eliminado muito lentamente.

Em condições de equilíbrio, à temperatura de 487,8 K, tem-se $[\text{H}_2] = 0,060 \text{ M}$, $[\text{CO}] = 0,020 \text{ M}$ e $[\text{CH}_3\text{OH}] = 0,072 \text{ M}$. Levando-se em conta estes dados, os valores aproximados de K_c e K_p são, respectivamente:

- (a) 1.000 M^{-2} e $0,625 \text{ atm}^{-2}$ (d) $77,16 \text{ M}^{-2}$ e $0,048 \text{ atm}^{-2}$
(b) 3.000 M^{-2} e $1,875 \text{ atm}^{-2}$ (e) 3.000 M^{-2} e $0,625 \text{ atm}^{-2}$
(c) 1.000 M^{-2} e 40 atm^{-2}

28 UEL Considere a reação:



que contém, em equilíbrio químico,

$$[\text{X}_2] = 0,22 \text{ mol/L}$$

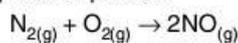
$$[\text{Y}_2] = 0,22 \text{ mol/L}$$

$$[\text{XY}] = 1,56 \text{ mol/L}$$

A constante de equilíbrio, K_c , é calculada pela expressão:

- (a) $\frac{[1,56]^2}{[0,22][0,22]}$ (d) $\frac{[0,22]^2}{[1,56]^2}$
(b) $\frac{[1,56]}{2[0,22]}$ (e) $\frac{2[0,22]^2}{[1,56]^2}$
(c) $\frac{[1,56]^2}{[0,22] + [0,22]}$

29 UEL Para o equilíbrio químico:



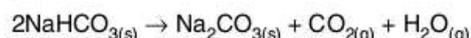
foram encontrados os seguintes valores para a constante K_c , às temperaturas indicadas:

	Temperatura (K)	$K_c(10^{-4})$
I	1.800	1,21
II	2.000	4,08
III	2.100	6,86
IV	2.200	11,0
V	2.300	16,9

Há maior concentração molar do $\text{NO}_{(g)}$ em:

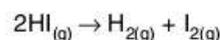
- (a) I. (d) IV.
(b) II. (e) V.
(c) III.

30 Vunesp Bicarbonato de sódio sólido é usado como fermento químico porque se decompõe termicamente, formando gás carbônico, de acordo com a reação representada pela equação química:



- a) Escreva a expressão matemática para a constante de equilíbrio expressa em termos de concentração (K_c).
b) A constante de equilíbrio, expressa em termos de pressões parciais (K_p), é igual a 0,25 à temperatura de 125 °C, quando as pressões são medidas em atmosferas. Calcule as pressões parciais de CO_2 e H_2O , quando o equilíbrio for estabelecido nessa temperatura.

31 Unicamp A constante de equilíbrio (K), a 100 °C, para o sistema gasoso representado a seguir, é menor que um ($K < 1$).



- a) Escreva a expressão da constante de equilíbrio em função das pressões parciais dos gases envolvidos.
b) Em um recipiente previamente evacuado, a 100 °C, são misturados 1,0 mol de cada um dos três gases anteriores. Após algum tempo, o sistema atinge o equilíbrio. Como se alterou (aumentou, diminuiu ou permaneceu constante) a concentração de cada um dos três gases em relação à concentração inicial?

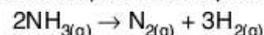
32 UnitaU Dada a reação: $\text{X}_2 + 3\text{Y}_2 \rightarrow 2\text{XY}_3$, verificou-se no equilíbrio, a 1.000 °C, que as concentrações, em mols/litro, são:

$$[\text{X}_2] = 0,20; [\text{Y}_2] = 0,20; [\text{XY}_3] = 0,60$$

O valor da constante de equilíbrio da reação química é de:

- (a) 2,5 (d) 225
(b) 25 (e) 325
(c) 175

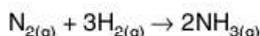
33 ITA "n" mols de amônia são colocados e selados dentro de uma ampola de um litro mantida a 500 K. Nessa ampola, ocorre a reação química representada pela seguinte equação:



Em relação a esta reação, é correto afirmar que:

- (a) ao atingir o equilíbrio, ter-se-ão formados $\frac{n}{2}$ mols de $\text{N}_{2(g)}$;
(b) ao atingir o equilíbrio, ter-se-ão formados $n \cdot \frac{3}{2}$ mols de $\text{H}_{2(g)}$;
(c) se a reação de decomposição for total, consumir-se-ão 2 mols de $\text{NH}_{3(g)}$;
(d) se a reação de decomposição for total, a pressão final na ampola será igual a $4 \cdot 500 \cdot R$.
(e) se a reação de decomposição for total, a variação de pressão na ampola será igual a $n \cdot 500 \cdot R$.

34 UFV Amônia pode ser preparada pela reação entre nitrogênio e hidrogênio gasosos, sob alta pressão, segundo a equação a seguir:

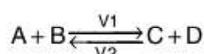


A tabela a seguir mostra a variação da concentração dos reagentes e produtos no decorrer de um experimento realizado em sistema fechado, à temperatura e pressão constantes.

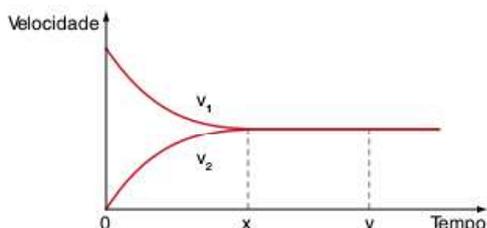
Intervalo de tempo	[N ₂]/mol/L	[H ₂]/mol/L	[NH ₃]/mol/L
0	10	10	0
1	X	4	4
2	7	1	Y
3	7	1	Y

- a) Os valores de X e Y no quadro anterior são:
 X = _____ mol/L
 Y = _____ mol/L
- b) Escreva a expressão da constante de equilíbrio para esta reação, em termos das concentrações de cada componente.
 K_c = _____
- c) O valor da constante de equilíbrio para esta reação, nas condições do experimento, é _____

35 UFMG Considere a reação hipotética:



Considere também o gráfico da velocidade em função do tempo dessa reação.



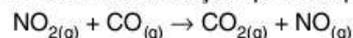
Assinale a alternativa falsa.

- (a) No instante inicial, a velocidade v₁ é máxima.
 (b) No instante inicial, as concentrações de C e D são mínimas.
 (c) No instante x, as concentrações dos reagentes e produtos são as mesmas.
 (d) No instante x, a velocidade v₂ é máxima.
 (e) No instante x, as concentrações de A e B são as mesmas que no instante y.

36 Mackenzie Um recipiente fechado, contendo 3 mols de substância A e 4 mols de B, é aquecido a uma temperatura T. Estabelecido o equilíbrio $1\text{A}_{(g)} + 1\text{B}_{(g)} \rightarrow 1\text{C}_{(g)} + 1\text{D}_{(g)}$, resta ainda a metade do número de mols de B. A constante de equilíbrio (K_c), nessa temperatura, é igual a:

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

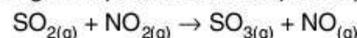
37 UFRGS 2010 Observe a reação química que segue.



Nessa reação, apenas o NO_{2(g)} apresenta coloração vermelho-castanha; os demais reagentes e produtos são incolores. Considere as seguintes afirmações a respeito dessa reação, que se realiza isotermicamente.

- I. Ao se partir de uma mistura equimolar de NO₂ e CO, chega-se, após um tempo suficientemente longo, a uma mistura com a mesma coloração a que se chegaria caso se partisse de uma mistura equimolar de CO₂ e NO.
- II. Ao se partir de uma mistura de dois mols de NO₂ e 1 mol de CO, chega-se a uma mistura com a mesma coloração a que se chegaria caso se partisse de uma mistura equimolar dos reagentes.
- III. No equilíbrio, as velocidades das reações direta e inversa são iguais e, portanto, a coloração do sistema não mais se altera.
- Quais estão corretas?
- (a) Apenas I. (c) Apenas III. (e) Apenas I e III.
 (b) Apenas II. (d) Apenas I e II.

38 UFMG A reação entre os gases SO₂ e NO₂, a uma dada temperatura, atinge o equilíbrio descrito pela equação:



As concentrações iniciais e de equilíbrio, em mol/L, estão representadas neste quadro.

concentração	[SO ₂]	[NO ₂]	[SO ₃]	[NO]
inicial	a	b	-	-
equilíbrio	x	y	z	z

A alternativa que indica, corretamente, a relação de concentrações no equilíbrio é:

- (a) x = z (c) a - x = z (e) b - y = 2z
 (b) x = y (d) x + y = 2z

39 UFPA Para a reação:



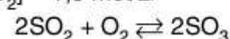
foram realizados cinco (5) experimentos, cujos resultados estão apresentados na tabela.

Experimento	Concentração (mol/L)			
	A	B	C	D
I	1,0	8,0	2,0	2,0
II	8,0	4,0	2,0	4,0
III	8,0	6,0	4,0	4,0
IV	18,0	4,0	2,0	6,0
V	32,0	16,0	8,0	8,0

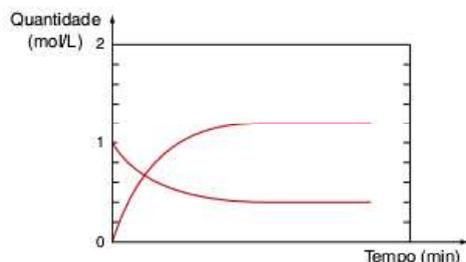
Em qual dos experimentos o equilíbrio ainda não foi atingido?

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

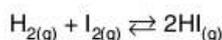
40 FEI Calcule a constante de equilíbrio, em termos de concentração, para a reação representada pela equação química abaixo, sabendo que nas condições de temperatura e pressão em que se encontra o sistema existem as seguintes concentrações dos compostos presentes no equilíbrio: [SO₃] = 0,1 mol/L; [O₂] = 1,5 mol/L; [SO₂] = 1,0 mol/L.



41 PUC O gráfico a seguir mostra a variação das concentrações de H_2 , I_2 e HI durante a reação de 1 mol de H_2 com 1 mol de I_2 num balão de 1 L, a uma temperatura de $100^\circ C$, em função do tempo.

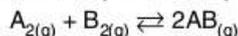


A equação da reação é:



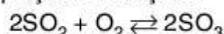
Qual é a constante de equilíbrio dessa reação?

42 PUC Um mol de A_2 e 1 mol de B_2 são introduzidos em frasco de 1 L, à temperatura de $490^\circ C$. Qual será a concentração final de AB no frasco, quando o equilíbrio for atingido?



(A constante de equilíbrio, K , é igual a 45,9. A raiz quadrada de 45,9 é igual a 6,77.)

43 Faap Um recipiente fechado contém o sistema gasoso representado pela equação de reação:



sob pressão de 6 atm e constituído por 0,4 mol de SO_2 , 1,6 mols de O_2 e 2,0 mols de SO_3 . Determine o valor da constante de equilíbrio do sistema, em termos de pressões parciais.

44 UEL No botijão de gás doméstico, quando fechado e sob temperatura constante, na sombra, há o equilíbrio:



Esse estado de equilíbrio pode ser destruído e, em seguida, restabelecido com mesma pressão de butano gasoso se o botijão for:

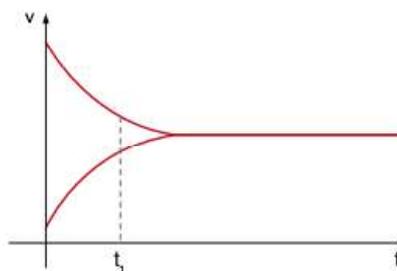
- aberto, na sombra, e, logo em seguida, fechado novamente sob temperatura constante.
- exposto ao sol e mantido nessa situação.
- aberto ao sol até desaparecer a fase líquida.

Dessas afirmações, apenas:

- I é correta.
- II é correta.
- III é correta.
- I e II são corretas.
- II e III são corretas.

Deslocamento de equilíbrio

45 UFRGS O gráfico a seguir representa a evolução de um sistema onde uma reação reversível ocorre até atingir o equilíbrio.



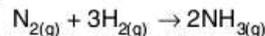
Sobre o ponto t_1 , neste gráfico, pode-se afirmar que indica:

- uma situação anterior ao equilíbrio, pois as velocidades das reações direta e inversa são iguais.
- um instante no qual o sistema já alcançou o equilíbrio.
- uma situação na qual as concentrações de reagentes e produtos são necessariamente iguais.
- uma situação anterior ao equilíbrio, pois a velocidade da reação direta está diminuindo e a velocidade da reação inversa está aumentando.
- um instante no qual o produto das concentrações dos reagentes é igual ao produto das concentrações dos produtos.

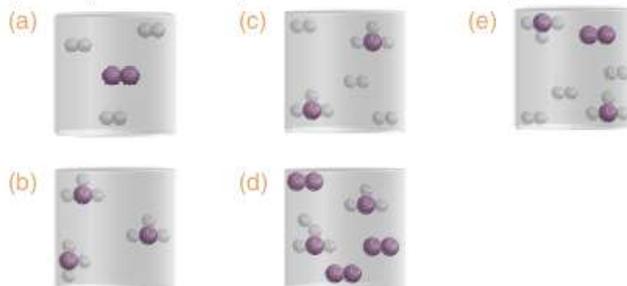
46 Fatec Nas condições ambientes, é exemplo de sistema em estado de equilíbrio uma:

- xícara de café bem quente.
- garrafa de água mineral gasosa fechada.
- chama uniforme de bico de Bunsen.
- porção de água fervente em temperatura constante.
- tigela contendo feijão cozido.

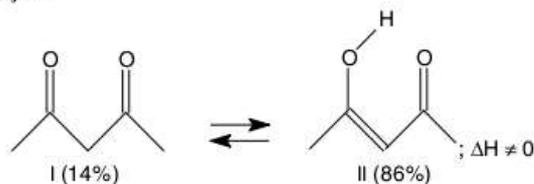
47 Fuvest Em condições industrialmente apropriadas para se obter amônia, juntaram-se quantidades estequiométricas dos gases N_2 e H_2



Depois de alcançado o equilíbrio químico, uma amostra da fase gasosa poderia ser representada corretamente por:



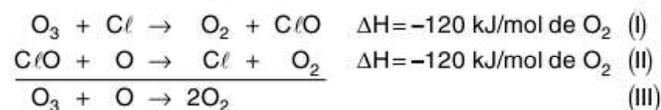
48 UFMG No equilíbrio estabelecido entre a acetilacetona (I) e o enol (II), a $40^\circ C$, a forma (II) apresenta-se em maior concentração.



Com relação a esse equilíbrio e às espécies envolvidas, a afirmativa falsa é:

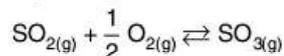
- (a) a forma I é mais estável do que a forma II.
- (b) as concentrações das espécies no equilíbrio dependem da temperatura.
- (c) as duas formas apresentam números diferentes de carbonos trigonais.
- (d) as duas formas representam estruturas isoméricas.
- (e) ligações de hidrogênio estão presentes na forma II.

49 Fuvest A sequência das reações I e II é proposta para explicar a destruição do ozônio da estratosfera. Os átomos de Cl se formam pela ação de radiação de alta energia sobre os clorofluorcarbonos (CFC).



- a) Pode-se dizer que os átomos de cloro atuam como catalisadores na destruição do ozônio. Explique o porquê.
- b) A destruição do ozônio representada pela equação III é favorecida por baixas ou altas temperaturas? Justifique com base no ΔH da reação.

50 UFMG Uma das etapas da fabricação do ácido sulfúrico é a conversão de SO_2 a SO_3 , que ocorre segundo a equação:



A tabela que se segue mostra as porcentagens de SO_3 no equilíbrio, correspondentes a diversas temperaturas.

T(°C)	400	500	600	700	800	900
SO_3 (%)	99	88	65	36	14	8

Em relação a esse equilíbrio, pode-se afirmar corretamente que:

- (a) a reação de formação de SO_3 é exotérmica.
- (b) o aumento da pressão favorece a formação de SO_2 .
- (c) o aumento da temperatura favorece a formação de SO_3 .
- (d) o aumento da velocidade de produção de SO_3 aumenta sua porcentagem no equilíbrio.
- (e) o uso de um catalisador aumenta a porcentagem de SO_3 no equilíbrio.

51 UFF 2010 Considere a reação exotérmica de formação do trióxido de enxofre, a partir do dióxido:

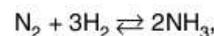


A 900 K, $K_p = 40,5 \text{ atm}^{-1}$ e $\Delta H = -198 \text{ kJ}$.

- a) escreva a expressão de equilíbrio para essa reação;
- b) será o valor da constante de equilíbrio para essa reação, em temperatura ambiente (300 K), maior, menor ou igual ao valor da constante de equilíbrio a 900 K? Justifique sua resposta;
- c) se, enquanto a temperatura é mantida constante, uma quantidade a mais de O_2 é adicionada ao recipiente que contém os três gases em estado de equilíbrio, irá o número de mols de SO_2 aumentar, diminuir ou permanecer o mesmo?

- d) qual o efeito causado ao sistema, quando se adiciona 1,0 mol de $\text{He}_{(g)}$ ao recipiente que contém os três gases em equilíbrio à temperatura constante?

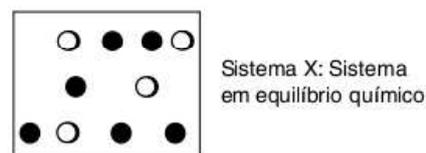
52 ITA A Lei de Boyle-Mariotte ($PV = \text{Constante}$) não é obedecida no caso da mistura gasosa em equilíbrio químico



em temperatura elevada constante, porque:

- (a) NH_3 não é uma substância simples.
- (b) o equilíbrio químico independente da pressão.
- (c) a massa em gramas não permanece constante.
- (d) o número de mols varia com a pressão.
- (e) a lei somente se aplica para valores baixos de temperatura.

53 UEL 2009 Uma reação exotérmica, representada por $\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \bullet_{(g)}$, foi acompanhada até o equilíbrio químico, como representado no sistema X.



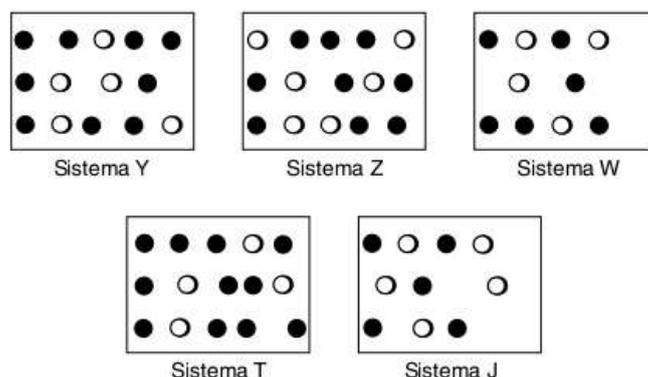
Algumas alterações foram realizadas, separada e individualmente, no sistema X.

Alteração 1 – Algumas O foram adicionadas no sistema X em equilíbrio.

Alteração 2 – A temperatura do sistema X em equilíbrio foi aumentada.

Alteração 3 – A pressão do sistema X em equilíbrio foi aumentada.

A seguir estão representados os sistemas Y, Z, W, T e J, todos em equilíbrio químico, que podem representar as alterações ocorridas.



Com base no enunciado e nos conhecimentos sobre equilíbrio químico, considere as afirmativas.

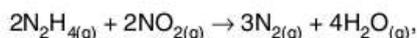
- I. O sistema Z é aquele que melhor representa a nova posição de equilíbrio após a alteração 1 no sistema X.
- II. O sistema J é aquele que melhor representa a nova posição de equilíbrio após a alteração 2 no sistema X.
- III. O sistema W é aquele que melhor representa a nova posição de equilíbrio após a alteração 3 no sistema X.

IV. O sistema Y e T são aqueles que melhor representam as novas posições de equilíbrio após as alterações 2 e 3, respectivamente no sistema X.

Assinale a alternativa correta.

- (a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- (b) Somente as afirmativas II e IV são corretas.
- (c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- (d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- (e) Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.

54 UFRGS A hidrazina, que pode ser utilizada como combustível em foguetes, reage com óxido de nitrogênio segundo a equação



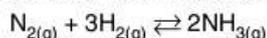
liberando grande quantidade de energia. A respeito dessa reação, fazem-se as seguintes afirmações:

- I. um aumento da pressão parcial do dióxido de nitrogênio no sistema favorece o consumo de hidrazina;
- II. uma elevação da temperatura da mistura gasosa favorece a produção de nitrogênio e vapor de água;
- III. a injeção de vapor de água na mistura gasosa favorece o consumo de hidrazina.

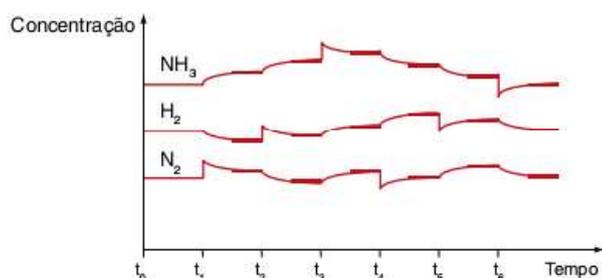
Quais estão corretas?

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

55 PUC-SP Considerando-se o sistema em equilíbrio:



Numa sequência de seis etapas, o sistema foi perturbado de acordo com o gráfico a seguir:

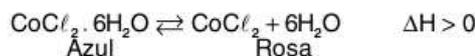


Responda se é correto afirmar, através do gráfico, que no instante t_4 , N_2 foi adicionado ao sistema, e isso provocou um aumento na quantidade de H_2 e uma diminuição na quantidade de NH_3 .

56 UFMG 2009 O "galinho do tempo", a seguir representado, é um objeto que indica as condições meteorológicas, pois sua coloração muda de acordo com a temperatura e a umidade do ar.



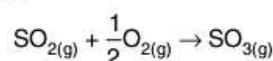
Nesse caso, a substância responsável por essa mudança de coloração é o cloreto de cobalto, CoCl_2 , que, de acordo com a situação, apresenta duas cores distintas – azul ou rosa –, como representado nesta equação:



Considerando-se essas informações, é correto afirmar que as duas condições que favorecem a ocorrência, no "galinho do tempo", da cor azul, são:

- (a) Alta temperatura e alta umidade.
- (b) Alta temperatura e baixa umidade.
- (c) Baixa temperatura e alta umidade.
- (d) Baixa temperatura e baixa umidade.

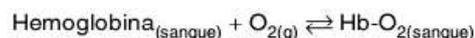
57 Vunesp Em uma das etapas da fabricação do ácido sulfúrico ocorre a reação:



Sabendo-se que as constantes de equilíbrio da reação diminuem com o aumento da temperatura, e que o processo de fabricação do ácido sulfúrico ocorre em recipiente fechado, conclui-se que a reação anterior:

- (a) é favorecida pelo aumento do volume do recipiente.
- (b) é desfavorecida pelo aumento da pressão total exercida sobre o sistema.
- (c) é exotérmica.
- (d) não é afetada pelo aumento parcial de SO_3 .
- (e) tem seu rendimento do equilíbrio estabelecido em presença de um catalisador.

58 UFPE Admitindo-se que o desempenho físico dos jogadores de futebol esteja unicamente relacionado com a concentração de oxi-hemoglobina no sangue, representada por Hb-O_2 (sangue), a qual é determinada, simplificada, pelo equilíbrio:

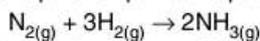


e considerando-se que as frações molares dos dois principais constituintes da atmosfera, N_2 e O_2 , são constantes, qual das alternativas a seguir explica a diferença no desempenho físico dos jogadores quando jogam em Recife, PE, e em La Paz, na Bolívia?

Dados: altitude de Recife ≈ 0 m e altitude de La Paz ≈ 3.600 m.

- (a) A pressão parcial de oxigênio em La Paz é maior que em Recife; portanto, o desempenho dos jogadores em La Paz deve ser pior do que em Recife.
- (b) A pressão parcial de oxigênio em La Paz é menor que em Recife; portanto, o desempenho dos jogadores em La Paz deve ser pior do que em Recife.
- (c) A pressão parcial de oxigênio em La Paz é igual a de Recife; portanto, o desempenho dos jogadores em La Paz deve ser pior do que em Recife.
- (d) A pressão parcial de oxigênio em La Paz é menor que em Recife; portanto, o desempenho dos jogadores em La Paz deve ser melhor do que em Recife.
- (e) A pressão parcial de oxigênio em La Paz é igual à de Recife; portanto, o desempenho dos jogadores em La Paz e em Recife deve ser o mesmo.

59 Vunesp O processo industrial Haber-Bosch de obtenção da amônia se baseia no equilíbrio químico expresso pela equação:

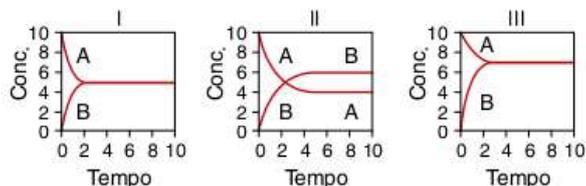
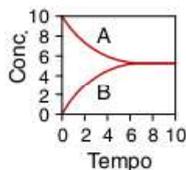


Nas temperaturas de 25 °C e de 450 °C, as constantes de equilíbrio K_p são $3,5 \cdot 10^8$ e 0,16, respectivamente.

- Com base em seus conhecimentos sobre equilíbrio e nos dados fornecidos, quais seriam, teoricamente, as condições de pressão e temperatura que favoreceriam a formação de NH_3 ? Justifique sua resposta.
- Na prática, a reação é efetuada nas seguintes condições: pressão entre 300 e 400 atmosferas, temperatura de 450 °C e emprego de ferro metálico como catalisador. Justifique por que estas condições são utilizadas industrialmente para a síntese de NH_3 .

60 Fuvest No equilíbrio $\text{A} \rightarrow \text{B}$, a transformação de A em B é endotérmica. Esse equilíbrio foi estudado realizando-se três experimentos. O gráfico a seguir da tabela mostra corretamente as concentrações de A e de B, em função do tempo, para o experimento X. Examine os gráficos I, II e III.

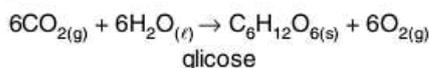
Experimento	Condições
X	a 20 °C, sem catalisador
Y	a 100 °C, sem catalisador
Z	a 20 °C, com catalisador



Aqueles que mostram corretamente as concentrações de A e de B, em função do tempo, nos experimentos Y e Z são, respectivamente:

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

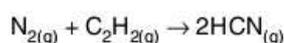
61 Vunesp A formação de glicose envolve o equilíbrio:



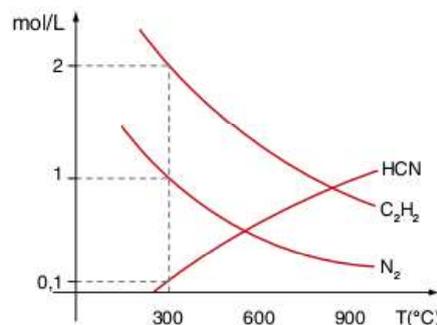
À temperatura constante, a remoção de $\text{O}_{2(g)}$ provoca:

- aumento da massa de glicose.
- redução da velocidade da reação direta e aumento da velocidade da reação inversa.
- aumento no valor da constante de equilíbrio da reação.
- redução do consumo de CO_2 e aumento do consumo de H_2O .
- aumento da energia de ativação da reação.

62 UFRJ Um método de produção de cianeto de hidrogênio é a nitrogação do acetileno em fase gasosa, de acordo com a equação:

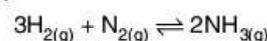


O diagrama a seguir indica os valores das concentrações (em mol/L) dos compostos N_2 , C_2H_2 e HCN em equilíbrio, a várias temperaturas diferentes e mostra que a temperaturas distintas correspondem diferentes condições de equilíbrio.



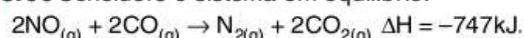
- Determine a constante de reação K_c da equação de formação de HCN, à temperatura de 300 °C.
- Explique por que a reação de produção de HCN é endotérmica.

63 UFJF 2012 (Adapt.) A síntese da amônia foi desenvolvida por Haber-Bosch e teve papel importante durante a Primeira Guerra Mundial. A Alemanha não conseguia importar salitre para fabricação dos explosivos e, a partir da síntese de NH_3 , os alemães produziam o HNO_3 e deste chegavam aos explosivos de que necessitavam. A equação que representa sua formação é mostrada abaixo:



- A partir da equação química para a reação de formação da amônia, descrita acima, e sabendo que a reação apresenta $\Delta H < 0$, o que aconteceria com o equilíbrio, caso a temperatura do sistema aumentasse?
- Suponha que a uma determinada temperatura T foram colocados, em um recipiente de 2,0 litros de capacidade, 2,0 mols de gás nitrogênio e 4,0 mols de gás hidrogênio. Calcule o valor da constante de equilíbrio, K_c , sabendo que havia se formado 2,0 mols de amônia ao se atingir o equilíbrio.

64 UFSC Considere o sistema em equilíbrio:

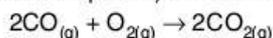


Assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s).

- A adição de um catalisador favorece a formação dos produtos.
- Aumentando-se a pressão total sobre o sistema, o equilíbrio não será deslocado.
- A formação de $\text{N}_{2(g)}$ será favorecida se aumentarmos a pressão total sobre o sistema.
- A diminuição da temperatura desloca o equilíbrio para a direita.
- Aumentando-se a pressão parcial do CO_2 , o equilíbrio desloca-se para a esquerda.
- A constante de equilíbrio K_p da reação, em termos de pressões parciais, é dada pela expressão:

$$K_p = \frac{[\text{P}_{\text{N}_2}] \cdot [\text{P}_{\text{CO}_2}]^2}{[\text{P}_{\text{NO}}]^2 \cdot [\text{P}_{\text{CO}}]^2}$$

65 UFRJ Para o sistema em equilíbrio, representado a seguir, sabe-se que o sentido direto (para a direita) é o exotérmico e o sentido inverso (para a esquerda) é o endotérmico.



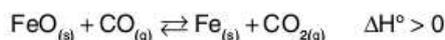
A diminuição da pressão e a diminuição da temperatura do sistema causariam, respectivamente, o deslocamento do equilíbrio para a:

- direita, nos dois casos.
- esquerda, no primeiro caso, e para a direita, no segundo caso.
- esquerda, nos dois casos.
- direita, no primeiro caso, e para a esquerda, no segundo caso.
- esquerda, no primeiro caso, não sofrendo alteração no segundo caso.

66 UFF A reação $\text{N}_2\text{O}_{4(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(g)}$ é endotérmica, com $\Delta H^\circ = +56,9 \text{ kJ}$.

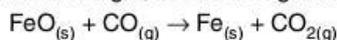
- Explique de que modo, no equilíbrio estabelecido, a quantidade de NO_2 pode ser afetada pelas seguintes variações:
 - adição de N_2O_4 .
 - abaixamento da pressão por aumento do volume do recipiente.
 - aumento da temperatura.
 - adição de um catalisador ao sistema.
- Indique, dentre as variações apresentadas no item anterior, a que altera o valor de K_c . Justifique a resposta.

67 UFTM 2012 Uma forma de obter ferro metálico a partir do óxido de ferro(II) é a redução deste óxido com monóxido de carbono, reação representada na equação:



- Escreva a expressão da constante de equilíbrio (K_c) da reação apresentada. Como varia essa constante em função da temperatura? Justifique.
- De que forma a adição de FeO e o aumento de pressão interferem no equilíbrio representado? Justifique.

68 PUC-MG Na siderurgia, ocorre a seguinte reação:



cujas constantes de equilíbrio K tem a seguinte dependência da temperatura:

T(°C)	700	800	900	1.000
K	0,68	0,55	0,47	0,40

Para aumentar o rendimento da produção de ferro metálico, é conveniente:

- diminuir a temperatura.
- aumentar a pressão total.
- diminuir a concentração mol/L de $\text{CO}_{(g)}$.
- aumentar a concentração de $\text{FeO}_{(s)}$.
- adicionar um catalisador.

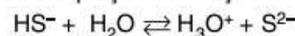
69 PUC-SP O gás hidrogênio (H_2) pode ser obtido a partir da reação entre o monóxido de carbono (CO) e água (H_2O) a altas temperaturas. Esse processo em equilíbrio é representado por:



Para tornar mais eficiente a produção de H_2 , deve-se:

- aumentar a pressão do sistema.
- diminuir a pressão do sistema.
- utilizar um catalisador apropriado.
- aumentar a temperatura do sistema.
- retirar do sistema o gás carbônico (CO_2) produzido.

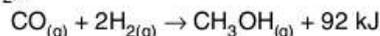
70 Unaerp Dada a equação da reação em equilíbrio:



Para deslocar o equilíbrio para a direita, no sentido de aumentar a concentração de íons S^{2-} , a melhor alternativa é:

- adicionar um ácido forte ao sistema.
- adicionar um ácido fraco ao sistema.
- adicionar uma base forte.
- diminuir a concentração de íons HS^- .
- adicionar um agente desidratante.

71 Fatec O metanol, utilizado como combustível, pode ser obtido pela interação entre monóxido de carbono (CO) e gás hidrogênio (H_2):



Para aumentar o rendimento da formação de metanol, o procedimento adequado seria:

- aumentar a agitação do sistema.
- aumentar a concentração de $\text{CO}_{(g)}$ no sistema.
- aumentar a temperatura do sistema.
- diminuir a pressão sobre o sistema.
- adicionar um catalisador ao sistema.

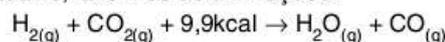
72 Mackenzie Uma reação química em equilíbrio tem a

constante de equilíbrio dada pela expressão $\frac{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$. Pela

adição de monóxido de carbono, o equilíbrio desloca-se, provocando:

- um aumento na concentração de H_2 .
- uma diminuição na concentração de CH_4 .
- um aumento na concentração de CH_4 .
- um aumento nas concentrações de CH_4 e H_2 .
- uma diminuição na quantidade de água.

73 Mackenzie Da reação em equilíbrio, representada pela equação abaixo, fazem-se as afirmações:

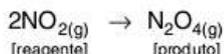


- É uma reação endotérmica.
- Se for adicionado CO, o equilíbrio desloca-se para a esquerda.
- Se a temperatura aumentar, o equilíbrio desloca-se para a esquerda.
- Se um catalisador for adicionado, o equilíbrio desloca-se para a direita.

Então, são corretas, somente:

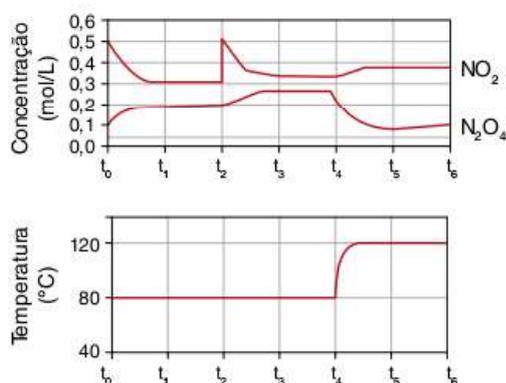
- (a) I e II. (d) II, III e IV.
 (b) II e III. (e) I e IV.
 (c) I, II e III.

74 UFRJ Observe a reação química:



O gráfico concentração *versus* tempo a seguir apresenta alterações na concentração das substâncias NO_2 e N_2O_4 , à pressão constante.

O diagrama auxiliar de temperatura *versus* tempo permite analisar a dinâmica da reação apresentada; observe que a reação se dá a uma temperatura de 80 °C no intervalo de tempo de t_0 a t_4 e de 120 °C entre t_5 e t_6 .



- a) Calcule a constante de equilíbrio (K_c) da reação a 80 °C.
 b) Analisando o comportamento do sistema entre t_4 e t_5 , explique por que a reação química representada é exotérmica.

75 UFMG O Princípio de Le Chatelier permite prever os efeitos de perturbações impostas a sistemas em equilíbrio. O quadro a seguir descreve três sistemas de interesse químico, bem como perturbações impostas a eles.

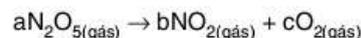
Sistema	Descrição	Perturbação
I	Água e vapor, a 100 °C e pressão constante, no interior de uma panela de pressão fechada.	Aumento da pressão interna
II	Solução saturada de sal em água, em contato com excesso de sal sólido.	Adição de mais água
III	Oxidação de ferro metálico pelo oxigênio do ar em recipiente aberto.	Aumento da temperatura

Assinale a alternativa que apresenta os sistemas a que o Princípio de Le Chatelier pode ser aplicado.

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

76 UFPR As reações que envolvem os óxidos de nitrogênio são muito estudadas porque estes compostos são produtos ou subprodutos das reações que ocorrem nos motores a explosão. Se a reação a seguir (não balanceada) ocorrer em um

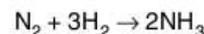
recipiente fechado, uma situação de equilíbrio químico é estabelecida:



Sabendo que os valores de $\Delta H^\circ_{\text{formação}}$ (em kJ/mol) de $\text{N}_2\text{O}_5(\text{gás})$, $\text{NO}_2(\text{gás})$ e $\text{O}_2(\text{gás})$ são iguais a +11,35, +33,18 e 0,00, respectivamente, é correto afirmar:

- Um aumento da temperatura do sistema irá alterar o equilíbrio, favorecendo um aumento da quantidade de $\text{N}_2\text{O}_5(\text{gás})$.
- Um aumento da pressão sobre o sistema provocará um aumento da quantidade de $\text{N}_2\text{O}_5(\text{gás})$.
- Se $\text{O}_2(\text{gás})$ for retirado do meio reacional, a quantidade de $\text{NO}_2(\text{gás})$ diminuirá.
- Os átomos de O e N não sofrem variações nos seus estados de oxidação.
- Os menores coeficientes estequiométricos inteiros a, b, c para a reação anterior são 2, 4 e 1, respectivamente.
- A variação de entalpia para a reação é igual a +55,01 kJ por mol de $\text{N}_2\text{O}_5(\text{gás})$ decomposto.

77 Vunesp No estado gasoso, ocorre a reação representada pela equação:

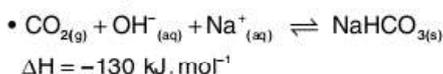
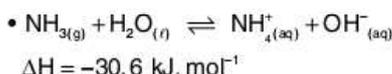


As porcentagens de conversão dos reagentes em NH_3 , em diferentes condições de temperatura e pressão, estão resumidas na tabela seguinte:

Pressão (atm)	Porcentagens de conversão em três temperaturas		
	200 °C	400 °C	600 °C
1	15,3%	0,44%	0,05%
100	80,6%	25,1%	4,47%
1.000	98,3%	80,0%	31,5%

- a) A reação de síntese da amônia é exotérmica ou endotérmica? Justifique a resposta.
 b) Justifique a relação que existe, a uma dada temperatura, entre o aumento da pressão e a porcentagem de conversão dos reagentes em NH_3 .

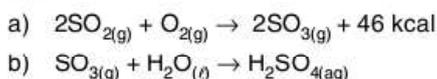
78 UFPR 2012 O bicarbonato de sódio é um produto químico de grande importância. Ele possui diversas aplicações, sendo largamente utilizado como antiácido, para neutralizar a acidez estomacal, e como fermento químico, na produção de pães, bolos etc. Nos EUA, a produção industrial do bicarbonato de sódio utiliza o método de extração do mineral Trona. Já no Brasil e em vários países da Europa, o bicarbonato de sódio é produzido industrialmente pelo Processo Solvay, um dos poucos processos industriais não catalíticos. Esse processo consiste em duas etapas. Na primeira, a salmoura é saturada com amônia. Na segunda, injeta-se gás carbônico na salmoura saturada, o que provoca a precipitação do bicarbonato de sódio. As duas etapas podem ser descritas pelas duas equações a seguir:



Sobre essas etapas, responda:

- Por que se adiciona amônia na primeira etapa do processo?
- Utilizando as informações fornecidas e os conceitos do Princípio de Le Chatelier, que condições experimentais de temperatura e pressão favorecerão maior eficiência do processo nas duas etapas?

79 PUC-MG Na química ambiental, particularmente no controle da ocorrência da chuva ácida, têm particular importância as reações entre os gases dióxido de enxofre e oxigênio para originar o trióxido de enxofre, o qual, combinando-se com água, forma o ácido sulfúrico, segundo as reações assim equacionadas:



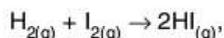
Observe com atenção os fatores a seguir.

- Injeção de O_2 .
- Elevação da temperatura.
- Redução da temperatura.
- Redução da pressão.
- Elevação da pressão.

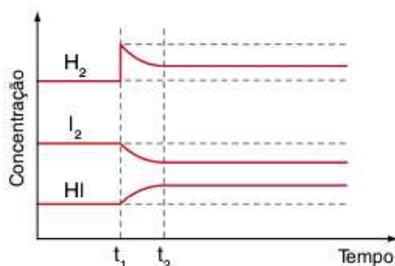
As reações processadas em um recipiente fechado, assinale a opção cujos fatores, atuando sobre a reação A, tendem a aumentar a produção de ácido sulfúrico na reação B.

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

80 Cesgranrio O gráfico a seguir refere-se ao sistema químico



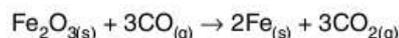
ao qual se aplica o Princípio de Le Chatelier.



Análise o gráfico e assinale a opção correta.

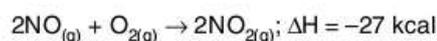
- A adição de $\text{I}_{2(\text{g})}$ em t_1 aumentou a concentração de $\text{HI}_{(\text{g})}$.
- A adição de $\text{H}_{2(\text{g})}$ em t_2 aumentou a concentração de $\text{I}_{2(\text{g})}$.
- A adição de $\text{H}_{2(\text{g})}$ em t_2 levou o sistema ao equilíbrio.
- A adição de $\text{H}_{2(\text{g})}$ em t_1 aumentou a concentração de $\text{HI}_{(\text{g})}$.
- A adição de $\text{HI}_{(\text{g})}$ em t_2 alterou o equilíbrio do sistema.

81 Vunesp A obtenção de ferro metálico a partir de um minério envolve a etapa de equilíbrio representada pela equação:



- Escreva a expressão da constante de equilíbrio da reação.
- Discuta o efeito da retirada de ferro metálico sobre a posição do equilíbrio, quando a reação é realizada em condições de temperatura e volume constantes.

82 Fuvest No sistema em equilíbrio:



a quantidade de NO_2 aumenta com:

- a adição de um catalisador.
- a diminuição da concentração de O_2 .
- a diminuição da temperatura.
- a diminuição da pressão.
- a introdução de um gás inerte.

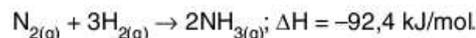
83 UEL Uma das condições que desloca o equilíbrio químico



para a direita é:

- aumento da temperatura ou adição de catalisador.
- aumento da temperatura ou remoção de $\text{SO}_{3(\text{g})}$.
- adição de $\text{O}_{2(\text{g})}$ ou aumento da pressão.
- adição de catalisador ou adição de $\text{SO}_{2(\text{g})}$.
- remoção de $\text{SO}_{2(\text{g})}$ ou diminuição da pressão.

84 UFV A síntese da amônia (NH_3) pode ser representada pela equação



Para o deslocamento do equilíbrio no sentido da formação de amônia (NH_3), deve-se:

- aumentar a temperatura.
- diminuir a pressão.
- aumentar a concentração de NH_3 .
- aumentar as concentrações de N_2 e H_2 .
- aumentar o volume do recipiente.

85 UFSC As reações representadas a seguir estão na fase gasosa e em equilíbrio. Assinale a única proposição correta em que o equilíbrio não fica alterado quando se varia a pressão total da mistura.

- $\text{O}_{3(\text{g})} \rightarrow 3 \text{O}_{(\text{g})}$
- $2\text{CO}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{CO}_{(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})}$
- $\text{H}_{2(\text{g})} + \text{I}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{HI}_{(\text{g})}$
- $\text{N}_{2(\text{g})} + 3 \text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{NH}_{3(\text{g})}$

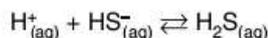
Soma =

Equilíbrio iônico

86 FEI Uma solução 0,01 molar de um monoácido está 4,0% ionizada. A constante de ionização desse ácido é:

- (a) $16,66 \cdot 10^{-3}$
- (b) $1,66 \cdot 10^{-5}$
- (c) $3,32 \cdot 10^{-5}$
- (d) $4,00 \cdot 10^{-5}$
- (e) $3,00 \cdot 10^{-6}$

87 Ao realizar-se a reação:



verificou-se que, no equilíbrio, $[H_2S] = 0,8 \text{ mol/L}$ e $[HS^-] = 0,2 \text{ mol/L}$. O valor da constante de equilíbrio na temperatura em que a experiência foi realizada é $K = 1,0 \cdot 10^7$. Nas condições da experiência, $[H^+]$, em mol/L, é:

- (a) $1,6 \cdot 10^{-8}$
- (b) $4,0 \cdot 10^{-7}$
- (c) $2,5 \cdot 10^{-6}$
- (d) $2,0 \cdot 10^{-7}$
- (e) $2,5 \cdot 10^8$

88 FEI Uma solução 0,1 molar de ácido acético apresenta $\alpha = 1,35\%$. Determine, à mesma temperatura, o valor de α para uma solução 0,01 molar do mesmo ácido.

89 UFPE Quando somos picados por uma formiga, ela libera ácido metanoico (fórmico), $HCOOH$. Supondo que a dor que sentimos seja causada pelo aumento da acidez, e que, ao picar, a formiga libera um micromol de ácido metanoico num volume de um microlitro, qual deve ser a concentração de $H^+_{(aq)}$ na região da picada? Admita que a solução tem comportamento ideal e que a autoionização da água é desprezível.

Dados: $K_a = 10^{-4}$ (constante de dissociação do ácido metanoico).

- (a) 1 M
- (b) 10^{-1} M
- (c) 10^{-2} M
- (d) 10^{-3} M
- (e) 10^{-4} M

90 UFF O gás sulfídrico, H_2S , é extremamente venenoso, incolor e seu odor lembra ovos estragados. Respirar este gás pode ser fatal e, em baixas concentrações, causa dores de cabeça e tonteira. É especialmente perigoso, pois, como inibe o sentido do olfato, o aumento de sua concentração deixa de ser percebido.

Se uma solução de H_2S , à temperatura ambiente e pressão de 1,0 atm, tem concentração aproximada de 0,1 M, então a $[S^{2-}]$ em mol/L da solução é, aproximadamente:

Dados: $K_{a1} = 1,0 \cdot 10^{-7}$ e $K_{a2} = 3,0 \cdot 10^{-13}$.

- (a) $3,0 \cdot 10^{-20}$
- (b) $3,0 \cdot 10^{-13}$
- (c) $3,0 \cdot 10^{-6}$
- (d) $1,0 \cdot 10^{-8}$
- (e) $1,0 \cdot 10^{-4}$

91 UFRJ Os ácidos carboxílicos são considerados ácidos fracos. A tabela a seguir apresenta as constantes de ionização, em valores aproximados, do ácido fórmico e do ácido acético.

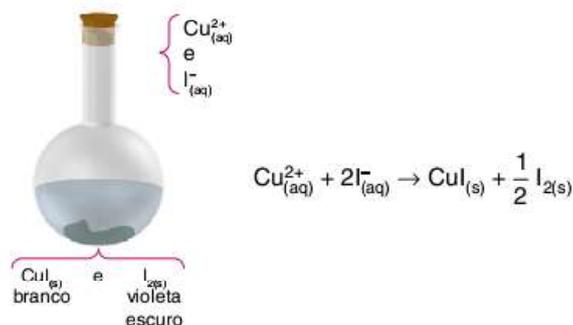
Ácido	Fórmula molecular	K_a
Fórmico	$HCOOH$	10^{-4}
Acético	CH_3COOH	10^{-5}

a) Em uma experiência, foram preparadas duas soluções aquosas de mesma molaridade, uma contendo ácido fórmico e outra ácido acético.

Indique qual das soluções apresenta menor pH. Justifique sua escolha.

b) Uma solução aquosa de vinagre contém 0,1 mol/L de CH_3COOH . Determine a concentração molar de íons acetato nesta solução.

92 Fuvest No sistema aquoso representado abaixo, existe o seguinte equilíbrio químico:

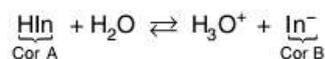


Ao balão, foi acrescentado benzeno, que é um líquido incolor, imiscível com água, no qual, dentre as espécies do equilíbrio, somente o iodo é muito solúvel, conferindo-lhe cor vermelha. Como resultado de tal perturbação, após agitação e repouso, estabelece-se um novo estado de equilíbrio.

Em relação à situação inicial, tem-se agora:

- (a) maior $[Cu^{2+}_{(aq)}]$, maior quantidade de $CuI_{(s)}$ e benzeno vermelho.
- (b) maior $[Cu^{2+}_{(aq)}]$, menor quantidade de $CuI_{(s)}$ e benzeno incolor.
- (c) menor $[Cu^{2+}_{(aq)}]$, menor quantidade de $CuI_{(s)}$ e benzeno vermelho.
- (d) menor $[Cu^{2+}_{(aq)}]$, menor quantidade de $CuI_{(s)}$ benzeno incolor.
- (e) menor $[Cu^{2+}_{(aq)}]$, e maior quantidade de $CuI_{(s)}$ e benzeno vermelho.

93 UFSM Um indicador ácido-base apresenta, em solução aquosa, o equilíbrio:

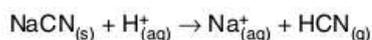


Com relação ao comportamento do indicador ante a substância 1, pode-se afirmar que sua coloração será 2, porque o equilíbrio desloca-se no sentido da espécie 3. Com base nessa afirmação, escolha a alternativa que apresenta, corretamente, a substituição de 1, 2 e 3, respectivamente.

- (a) Vinagre; cor A; ionizada.
- (b) Amoníaco; cor B; ionizada.
- (c) Acetato de sódio; cor A; ionizada.
- (d) Soda; cor B; não ionizada.
- (e) Suco de limão; cor B; não ionizada.

- (a) I, aumento da constante do produto da solubilidade do NaCl.
 (b) I, formação de um precipitado branco de NaCl.
 (c) II, aumento da concentração do íon CH_3COO^- .
 (d) II, aumento da ionização do CH_3COOH .
 (e) III, aumento da concentração de HO^- .

102 Puccamp Dentre os vários atentados terroristas ocorridos em cidades japonesas, suspeita-se que houve tentativa para a produção do HCN por meio da reação de cianeto com ácidos, ou seja:



Sobre esse equilíbrio são formuladas as proposições:

- I. Ácidos favorecem a produção de $\text{HCN}_{(g)}$.
 II. O ânion cianeto funciona como base de Lowry-Bronsted.
 III. Adição de uma base desloca o equilíbrio no sentido da formação de $\text{HCN}_{(g)}$.

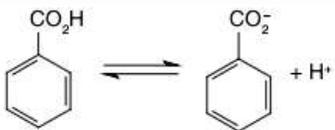
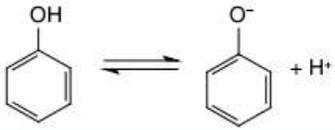
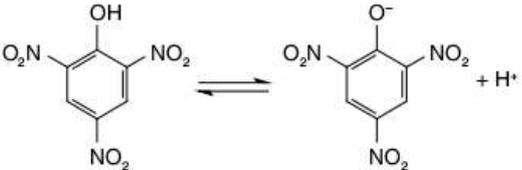
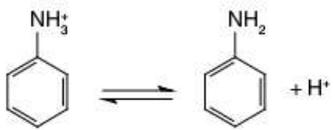
Pode-se afirmar que apenas:

- (a) I está correta. (d) I e II estão corretas.
 (b) II está correta. (e) II e III estão corretas.
 (c) III está correta.

103 ITA Numa solução aquosa 0,100 mol/L de um ácido monocarboxílico, a 25 °C, o ácido está 3,7% dissociado após o equilíbrio ter sido atingido. Assinale a opção que contém o valor correto da constante de dissociação desse ácido nessa temperatura.

- (a) 1,4 (c) $1,4 \cdot 10^{-4}$ (e) $3,7 \cdot 10^{-4}$
 (b) $1,4 \cdot 10^{-3}$ (d) $3,7 \cdot 10^{-2}$

104 Unioeste 2012 Na tabela abaixo são dadas as reações de ionização e os respectivos valores de pK_a para alguns compostos aromáticos.

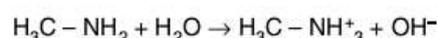
	Reação	pK_a
I		4,19
II		9,89
III		0,38
IV		4,58

Fonte: Solomons & Fryhle. Química Orgânica. 7 ed. LTC. v. 1-2.

Os compostos que apresentam a maior e a menor acidez são, respectivamente,

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

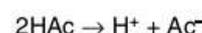
105 PUC-SP Peixes mortos têm cheiro desagradável devido à formação de substâncias provenientes da decomposição de proteínas. Uma dessas substâncias é a metilamina que, em presença de água, apresenta o seguinte equilíbrio:



Para diminuir o cheiro desagradável da metilamina, o mais adequado é adicionar ao sistema:

- (a) sabão, porque dissolve a amina.
 (b) cal, porque fornece íons OH^- .
 (c) salmoura, porque reage com a amina.
 (d) limão, porque desloca o equilíbrio no sentido da direita para esquerda.
 (e) vinagre, porque desloca o equilíbrio no sentido da esquerda para direita.

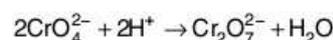
106 PUC-MG Numa solução de ácido acético (HAc), temos o seguinte equilíbrio:



Se adicionarmos acetato de sódio (NaAc) a essa solução:

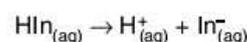
- (a) a concentração de íons H^+ deverá diminuir.
 (b) a concentração de íons H^+ permanecerá a mesma.
 (c) a concentração de íons H^+ deverá aumentar.
 (d) a concentração de HAc não dissociado diminuirá.
 (e) nada acontecerá com o equilíbrio.

107 Vunesp Misturando soluções aquosas de K_2CrO_4 e HCl, ocorre o equilíbrio:



- a) Escrever a expressão da constante de equilíbrio.
 b) Descrever e justificar o que ocorre no equilíbrio quando se adiciona:
 I. solução de HCl;
 II. solução de ZnCr_2O_7 , sabendo-se que ZnCr_2O_7 é um sal solúvel, mas ZnCrO_4 é um sal pouco solúvel.

108 UFPR A determinação de acidez ou basicidade de uma solução pode ser realizada através de um pHmetro ou por meio de substâncias denominadas indicadores ácido/base. Uma grande parte dos indicadores são ácidos orgânicos fracos, que podem ser representados genericamente por HIn . A classificação da substância como sendo ácida ou básica é possível devido à diferença de cor das espécies HIn e In^- , de acordo com o equilíbrio a seguir:



Cor A = $\text{HIn}_{(aq)}$

Cor B = $\text{In}^-_{(aq)}$

Com base nas informações anteriores, é correto afirmar que:

- 01 se adicionarmos um pouco deste indicador em um suco de limão, a solução apresentará cor A.
 02 HIn não é um ácido de Arrhenius.
 04 a expressão da constante de equilíbrio é $K_a = \frac{[H^+][I^-]}{[HI]}$ e dá uma informação quantitativa das espécies presentes.
 08 quanto maior for o número de hidrogênios na fórmula do ácido, maior será sua força.

Soma =

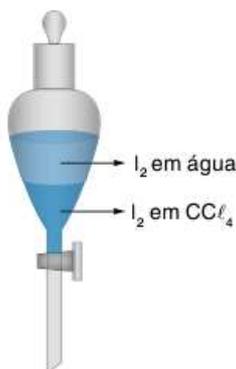
109 Um ácido fraco HA está 0,01% ionizado em uma solução 0,2 mol/L.

- a) Determine as concentrações de $H^+_{(aq)}$, $A^-_{(aq)}$ e HA na solução.
 b) Calcule a constante de ionização do ácido.

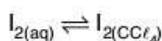
110 Um ácido fraco HA possui grau de ionização $\alpha = 1,0 \cdot 10^{-3}$ quando em solução aquosa 0,05 mol/L.

- a) Determine a concentração total de íons na solução.
 b) Calcule a constante de ionização do ácido.

111 Fuvest 2011 Em um funil de separação, encontram-se, em contato, volumes iguais de duas soluções: uma solução aquosa de I_2 , de concentração $0,1 \cdot 10^{-3}$ mol/L, e uma solução de I_2 em CCl_4 , de concentração $1,0 \cdot 10^{-3}$ mol/L.



Considere que o valor da constante K_c do equilíbrio



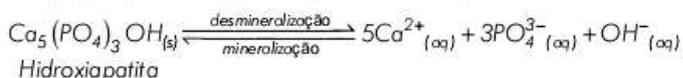
é igual a 100, à temperatura do experimento, para concentrações expressas em mol/L.

Assim sendo, o que é correto afirmar a respeito do sistema descrito?

- (a) Se o sistema for agitado, o I_2 será extraído do CCl_4 pela água, até que a concentração de I_2 em CCl_4 se iguale a zero.
 (b) Se o sistema for agitado, o I_2 será extraído da água pelo CCl_4 , até que a concentração de I_2 em água se iguale a zero.
 (c) Mesmo se o sistema não for agitado, a concentração de I_2 no CCl_4 tenderá a aumentar e a de I_2 , na água, tenderá a diminuir, até que se atinja um estado de equilíbrio.
 (d) Mesmo se o sistema não for agitado, a concentração de I_2 na água tenderá a aumentar e a de I_2 , no CCl_4 , tenderá a diminuir, até que se atinja um estado de equilíbrio.

- (e) Quer o sistema seja agitado ou não, ele já se encontra em equilíbrio e não haverá mudança nas concentrações de I_2 nas duas fases.

112 Enem 2011 Os refrigerantes têm-se tornado cada vez mais o alvo de políticas públicas de saúde. Os de cola apresentam ácido fosfórico, substância prejudicial à fixação de cálcio, o mineral que é o principal componente da matriz dos dentes. A cárie é um processo dinâmico de desequilíbrio do processo de desmineralização dentária, perda de minerais em razão da acidez. Sabe-se que o principal componente do esmalte do dente é um sal denominado hidroxiapatita. O refrigerante, pela presença da sacarose, faz decrescer o pH do biofilme (placa bacteriana), provocando a desmineralização do esmalte dentário. Os mecanismos de defesa salivar levam de 20 a 30 minutos para normalizar o nível do pH, remineralizando o dente. A equação química seguinte representa esse processo:

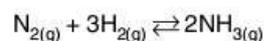


S. Groisman. Impacto do refrigerante nos dentes é avaliado sem tirá-lo da dieta. Disponível em: <www.isoude.net>. Acesso em: 1 maio 2010. (Adapt.).

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

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

113 PUC-Rio 2010 A equação a seguir descreve a reação de formação de amônia a partir de matéria-prima abundante na natureza (gases nitrogênio e hidrogênio). Essa reação é exotérmica e catalisada por ferro.



Assinale a afirmativa correta.

- (a) A presença do catalisador faz com que a reação se torne endotérmica.
 (b) A equação da constante de equilíbrio da reação é $K = \frac{[N_2][H_2]}{[NH_3]}$.
 (c) O rendimento da reação pode ser melhorado pela retirada de amônia na medida em que esse produto é formado.
 (d) Na pressão constante, o volume ocupado pela mistura reacional tende a aumentar na medida em que o produto se forma.
 (e) Trata-se de uma reação de síntese sem que haja variação dos números de oxidação dos elementos N e H.

114 Unesp 2010 Uma das etapas finais do tratamento da água envolve o borbulhamento de cloro no efluente para desinfecção. A substância cloro é encontrada como um gás amarelo-esverdeado a 25 °C e 1 atm. Pequenas quantidades deste gás podem ser geradas em laboratório, de acordo com o experimento ilustrado:



À medida que o gás cloro é formado pela perturbação do seguinte equilíbrio na fase aquosa $\text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cl}_2 + 2\text{OH}^-$, a fase que contém o hidrocarboneto vai adquirindo a coloração esverdeada típica desse halogênio. Considerando que a cada um dos cinco frascos contendo quantidades idênticas da mesma solução de hipoclorito de sódio e de hidrocarboneto líquido, foi adicionada uma das seguintes soluções: cloreto de sódio, hidróxido de sódio, ácido acético, ácido clorídrico e nitrato de amônio, todas com as mesmas concentrações molares, haverá a maior produção de gás cloro no tubo ao qual foi adicionado a solução de:

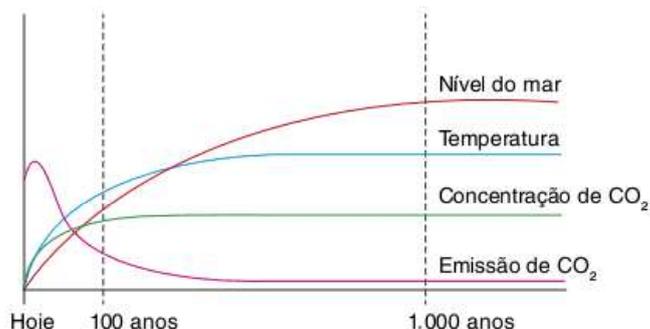
- (a) Cloreto de sódio.
- (b) Hidróxido de sódio.
- (c) Ácido acético.
- (d) Ácido clorídrico.
- (e) Nitrato de amônio.

115 CFTMG 2010 A reação entre $\text{N}_{2(g)}$ e $\text{H}_{2(g)}$ para obtenção de $\text{NH}_{3(g)}$ é conhecida como processo Haber-Bosch. Essa reação é exotérmica e favorecida em altas pressões. Se o valor da

constante de equilíbrio a 500 °C é 0,061, então, o valor de K_c a 750 °C é:

- (a) igual a 0,061.
- (b) igual a 0,091.
- (c) maior que 0,061.
- (d) menor que 0,061.

116 UFG 2010 O gráfico a seguir representa uma previsão futura sobre as condições ambientais na Terra.



Disponível em: <www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/synthesiddpm/synthesis-spm-en.pdf>. Acesso em: 30 out. 2009.

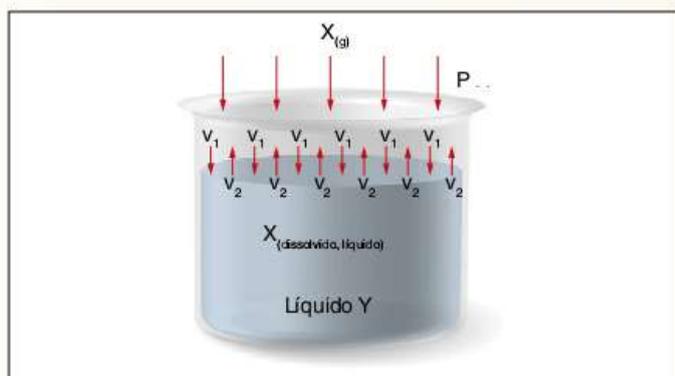
Com base nessa figura é possível concluir que, de hoje até os próximos 1.000 anos, a emissão de CO_2 :

- (a) levará a um aumento do nível do mar.
- (b) diminuirá como resultado da estabilização da concentração de CO_2 .
- (c) apresentará um máximo como consequência do constante aumento da temperatura na Terra e do nível do mar.
- (d) se estabilizará juntamente com a temperatura.
- (e) diminuirá na mesma proporção que aumenta o nível do mar.

TEXTO COMPLEMENTAR

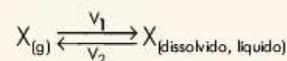
No início do século XIX, entre 1801 e 1803, o cientista inglês William Henry enunciou uma lei que trata da solubilidade de gases em líquidos:

A solubilidade de gases em líquidos, a uma dada temperatura, é diretamente proporcional à pressão parcial que esse gás exerce na superfície do líquido.



Equilíbrio dinâmico entre substância gasosa e a mesma substância dissolvida em líquido.

Portanto, segundo o enunciado da lei de Henry, para o equilíbrio de equação



Onde teremos:

$$S_x = k_x \cdot P_x$$

em que S_x é a solubilidade de um gás X em um líquido, em mol/L, k_x é a constante de Henry para um gás X dissolvido em um líquido, a uma dada temperatura e P_x é a pressão parcial que um gás X exerce na superfície de um líquido.

Essa lei só é válida para quando o gás e a solução apresentam comportamento ideal, ou seja, quando o gás não exerce sobre o líquido uma pressão muito grande e quando a concentração do gás dissolvido no líquido é pequena.

Quando um gás se dissolve em um líquido, estabelece com ele interações intermoleculares. A formação dessas ligações é sempre exotérmica. Portanto, a dissolução de gases em líquidos libera calor. Pelo Princípio de Le Chatelier, o processo de dissolução de gases em líquidos é favorecido por temperaturas baixas. Assim,

para diminuir a solubilidade de um gás em um líquido, basta aquecê-lo. Logo, a constante de Henry k_x diminui com o aumento da temperatura. Isso explica porque é mais fácil criar peixes em águas mais frias, já que em temperaturas mais baixas há mais oxigênio dissolvido. Ainda, vale dizer que para manter o gás dos refrigerantes, é preciso mantê-lo resfriado o tempo todo depois de aberto.

Entretanto, a constante de Henry não depende somente da temperatura. Quanto maiores forem as interações entre líquidos e os gases neles dissolvidos, maiores serão as constantes de Henry para uma dada temperatura. Por exemplo, CO_2 interage mais fortemente com a água do que o O_2 , pois apesar de os dois gases serem apolares, o CO_2 apresenta ligações polares, que intensificam as interações com os polos da água. A seguir, temos uma tabela com as constantes de Henry:

Gás	K ($\text{mol L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$)
Argônio	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Dióxido de carbono	$2,3 \cdot 10^{-2}$
Hélio	$3,7 \cdot 10^{-4}$
Hidrogênio	$8,5 \cdot 10^{-4}$
Neônio	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Nitrogênio	$7,0 \cdot 10^{-4}$
Oxigênio	$1,3 \cdot 10^{-3}$

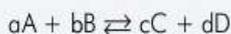
Constantes de Henry de gases em água, em 20 °C.

O aumento da pressão parcial que o gás exerce sobre a superfície do líquido é muito importante. Quanto maior que a pressão parcial um gás exerce sobre a superfície do líquido, maior será a solubilidade. Isso explica, por exemplo, porque uma garrafa fechada de refrigerante ou de champanhe mantém o gás, mas ao abrir a garrafa, com a diminuição da pressão parcial do CO_2 sobre a superfície do líquido, o gás perde a solubilidade. Como consequência, vemos as bolhas de gás saindo do líquido com o passar do tempo.

Outro exemplo da influência da pressão parcial está relacionado à prática do mergulho. Ao mergulharmos em grandes profundidades, respiramos com uma pressão maior. Com isso, gases dissolvem mais sangue. Quando se retorna à superfície muito depressa, a solubilidade desses gases no sangue diminui, podendo ocorrer um borbulhamento nas veias e artérias, problema chamado de embolia, que torna o mergulho um esporte que requer cuidado e perícia. Para que a embolia não ocasione a morte um mergulhador, é preciso que, na subida ele faça paradas de segurança, para que o excesso de gases dissolvidos possa sair pelos pulmões. Ainda, é preciso que no cilindro de gás que o mergulhador leva para respirar, o teor de O_2 seja menor do que no ar atmosférico. Para que a concentração de oxigênio no sangue durante o mergulho seja a mesma de uma pessoa fora d'água, compensa-se a maior pressão durante o mergulho com menor fração molar de O_2 na mistura, para que a pressão parcial de oxigênio se mantenha a mesma. Com isso a solubilidade de O_2 no sangue se mantém a mesma.

RESUMINDO

- **Fenômenos químicos reversíveis** são aqueles que podem ocorrer tanto no sentido direto, quanto no sentido inverso. Eles não acontecem com as mesmas energias de ativação e nem com as mesmas velocidades, mas a tendência natural é que as velocidades das reações direta e inversa se igualem a partir de certo momento e o sistema entre em **equilíbrio químico**. Para que um fenômeno químico seja reversível, é preciso que o sistema seja fechado, isto é, não troque matéria com o meio externo.
- **Grau de equilíbrio (α)** é a porcentagem de reagente limitante que efetivamente se converte em produto para que o sistema entre em equilíbrio.
- Para uma reação genérica descrita pela equação:



a constante de equilíbrio em termos de concentrações é dada pela seguinte expressão:

$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

e a constante de equilíbrio em termos de pressões parciais é dada por:

$$K_p = \frac{(P_C)^c \cdot (P_D)^d}{(P_A)^a \cdot (P_B)^b}$$

A relação entre K_c e K_p é: $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

As constantes de equilíbrio são adimensionais.

- O Princípio de Le Chatelier diz que: Quando se perturba um sistema em equilíbrio, a natureza age contrariamente à perturbação imposta, no sentido de minimizá-la ou de anulá-la.

- Um sistema em equilíbrio pode ser perturbado quando se altera a **concentração das substâncias**, a **temperatura** e a **pressão**.

↑[Reagentes] e/ou ↓[Produtos] ⇒ desloca no sentido DIRETO

↓[Reagentes] e/ou ↑[Produtos] ⇒ desloca no sentido INVERSO

↑ Temperatura ⇒ desloca no sentido ENDO

↓ Temperatura ⇒ desloca no sentido EXO

↑ Pressão ⇒ desloca no sentido ↓ $n_{(g)}$

↓ Pressão ⇒ desloca no sentido ↑ $n_{(g)}$

- A ionização dos ácidos acontece segundo a equação:



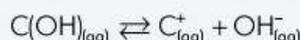
e a constante de equilíbrio iônico é dada por:

$$K_a = \frac{[H^+_{(aq)}] \cdot [A^-_{(aq)}]}{[HA_{(aq)}]}$$

↑ força do ácido ⇒ ↑ K_a

Se um ácido for poliprótico, para cada ionização parcial haverá um K_a , sendo $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3} > K_{a4}$.

- A ionização das bases fracas acontece segundo a equação:



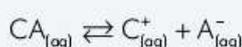
e a constante de ionização é dada por:

$$K_b = \frac{[C^+_{(aq)}] \cdot [OH^-_{(aq)}]}{[C(OH)_{(aq)}]}$$

↑ força da base ⇒ ↑ K_b

Não há sentido se aplicar K_a e K_b para ácidos e bases fortes.

- A constante de ionização (K_i) é uma generalização de todas as constantes de equilíbrio iônico homogêneo. Para um eletrólito genérico em que C é o cátion e A é o ânion, teremos:



onde a constante de ionização é dada por:

$$K_i = \frac{[C^+_{(aq)}] \cdot [A^-_{(aq)}]}{[CA_{(aq)}]}$$

- Lei de Ostwald:

$$\text{Se } \alpha > 10\% \Rightarrow K_i = \frac{\mathfrak{M} \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

$$\text{Se } \alpha < 10\% \Rightarrow (1 - \alpha) \cong 1 \Rightarrow K_i = \mathfrak{M} \cdot \alpha^2$$

onde \mathfrak{M} é a concentração molar

■ QUER SABER MAIS?



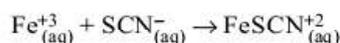
SITE

- Experimento: chuva ácida, equilíbrio químico e acidez
<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a09.pdf>

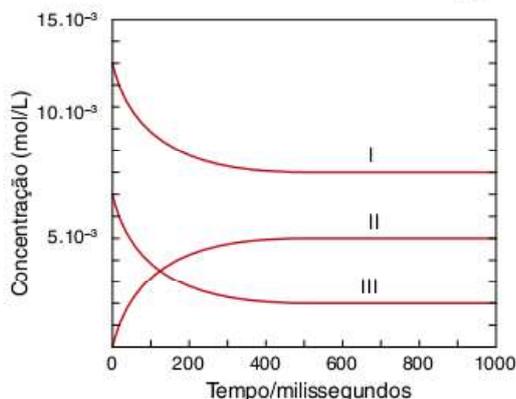
Exercícios complementares

Constante de equilíbrio

1 Puccamp A reação de íons de ferro (III) com íons tiocianato pode ser representada pela equação:

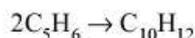


Nesta reação, a concentração dos íons varia segundo o gráfico a seguir, sendo a curva I correspondente ao íon $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$.



- A partir de que instante podemos afirmar que o sistema entrou em equilíbrio? Explique.
- Calcule a constante de equilíbrio para a reação de formação do $\text{FeSCN}^{+2}_{(\text{aq})}$.

2 Fuvest A 250 °C, a constante de equilíbrio de dimerização do ciclopentadieno é $2,7 (\text{mol/L})^{-1}$.



Nessa temperatura, foram feitas duas misturas do monômero com seu dímero. Dadas as concentrações iniciais das misturas em mols/litro:

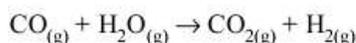
Mistura 1 – monômero = 0,800 e dímero = 1,728.

Mistura 2 – monômero = 1,000 e dímero = 3,456.

O que acontecerá com as concentrações do monômero e do dímero ao longo do tempo:

- na mistura 1? Justifique.
- na mistura 2? Justifique.

3 Fuvest Considere o equilíbrio, em fase gasosa,

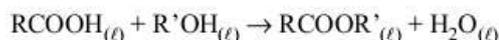


cuja constante K , à temperatura de 430 °C, é igual a 4.

Em um frasco de 1,0 L, mantido a 430 °C, foram misturados 1,0 mol de CO, 1,0 mol de H_2O , 3,0 mols de CO_2 e 3,0 mols de H_2 . Esperou-se até o equilíbrio ser atingido.

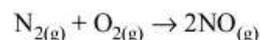
- Em qual sentido, no de formar mais CO ou de consumi-lo, a rapidez da reação é maior, até se igualar no equilíbrio? Justifique.
- Calcule as concentrações de equilíbrio de cada uma das espécies envolvidas (Lembrete: $4 = 2^2$).

4 UFRJ A reação entre um ácido carboxílico e um álcool é chamada de esterificação e pode ser genericamente representada pela equação a seguir:



- Explique porque a adição de um agente desidratante aumenta a formação de éster.
- Em um recipiente de 1 litro, foram adicionados 1 mol de ácido e 1 mol de álcool. Sabendo que nestas condições $K_c = 4$, calcule a concentração de éster no equilíbrio.
- Se R é o radical propil e R' é o radical isopropil, dê o nome do éster formado.

5 Unirio A produção de NO através da reação de N_2 e O_2 em motores automotivos é uma das principais fontes de poluição ambiental.



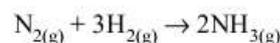
Partindo de 112 g de N_2 e 128 g de O_2 , contidos em frasco fechado de 2 litros, numa temperatura T °C:

Dados: N = 14 u; O = 16 u.

- determine a constante de equilíbrio (K_c), à temperatura T, sabendo que a massa de NO no equilíbrio é de 120 g.
- considerando a formação de NO, uma reação exotérmica, explique como irá variar a constante de equilíbrio (K_c) ao aumentarmos a temperatura.

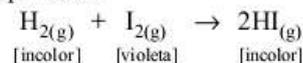
6 PUC-Rio O processo de Haber para a síntese da amônia foi um grande avanço em relação à fixação de nitrogênio atmosférico. No processo Haber, a síntese é realizada em temperatura de 400 a 500 °C e pressão de 200 a 600 atm, utilizando um catalisador apropriado. Dado: Massas molares: $\text{N}_2 = 28 \text{ g/mol}$; $\text{NH}_3 = 17 \text{ g/mol}$.

A reação que ocorre é:



- Calcule a constante de equilíbrio para esta reação, sabendo que as concentrações dos reagentes e do produto, no equilíbrio, foram medidas como sendo: $[\text{N}_{2(\text{g})}] = 0,15 \text{ M}$; $[\text{H}_{2(\text{g})}] = 1,00 \text{ M}$; $[\text{NH}_{3(\text{g})}] = 0,15 \text{ M}$.
- Supondo um rendimento de 100% para a reação, calcule a quantidade, em gramas, de amônia produzida, partindo-se de 28 g de $\text{N}_{2(\text{g})}$ e de um excesso de $\text{H}_{2(\text{g})}$.

7 Fuvest O equilíbrio:



tem, a 370 °C, constante K_c igual a 64.

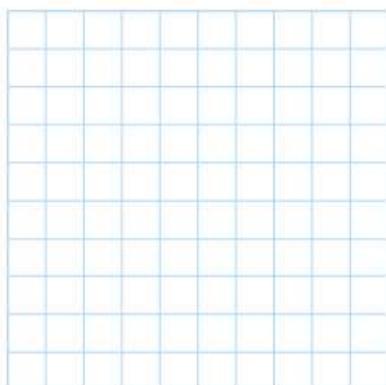
Para estudar esse equilíbrio, foram feitas 2 experiências independentes A e B:

- 0,10 mol de cada gás, H_2 e I_2 , foi colocado em um recipiente adequado de 1 L, mantido a 370 °C até atingir o equilíbrio (a intensidade da cor não muda mais).

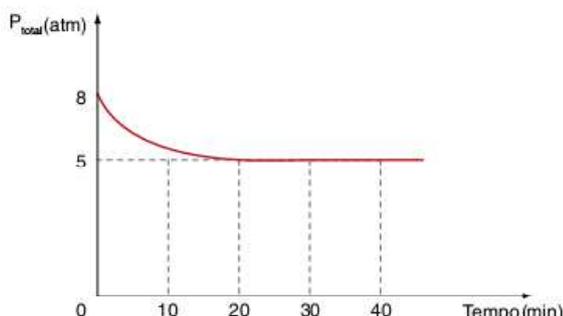
B) 0,20 mol do gás HI foi colocado em um recipiente de 1 L, idêntico ao utilizado em A, mantido a 370 °C até atingir o equilíbrio (a intensidade da cor não muda mais).

- a) Atendido o equilíbrio em A e B, é possível distinguir os recipientes pela intensidade da coloração violeta? Justifique.
 b) Para a experiência A, calcule a concentração de cada gás no equilíbrio. Mostre, em um gráfico de concentração (no quadriculado adiante), como variam, em função do tempo, as concentrações desses gases até que o equilíbrio seja atingido.

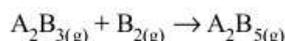
Identifique as curvas no gráfico:



8 Cesgranrio Veja o gráfico:



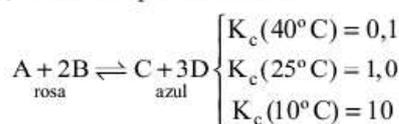
Em um recipiente fechado, de 10 L de capacidade, são introduzidas quantidades equimolares das substâncias representadas por A_2B_3 e B_2 , que reagem segundo a reação:



mantidas na temperatura de 727 °C. Com base no gráfico anterior, que ilustra a variação da pressão interna do sistema em função do tempo, o valor da constante de equilíbrio K_c , em $(\text{mol/L})^{-1}$, nessas condições, é:

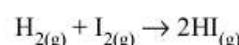
- (a) 3 (c) 246 (e) 540
 (b) 100 (d) 320

9 UEM 2012 Considerando a reação expressa a seguir em meio aquoso, exotérmica no sentido da reação direta, e os dados de constante de equilíbrio (K_c) determinados em diferentes temperaturas, assinale o que for correto.



- 01 Se em um recipiente de 1,0 L, a 25 °C, forem adicionados 2 mols de A, 2 mols de B, 2 mols de C e 2 mols de D, a cor da solução deverá tender de rosa a azul até que o equilíbrio seja atingido com a coloração resultante azul.
 02 Ao resfriar-se um recipiente contendo as espécies a 40 °C em equilíbrio, até uma temperatura de 10 °C, haverá um deslocamento do equilíbrio no sentido de produção dos compostos C e D.
 04 Se a 10 °C a $[C] = [A]$, no equilíbrio $[B] = \sqrt{[D]^3}$.
 08 A 40 °C a solução é rosa, enquanto a 10 °C a solução é azul.
 16 A 25 °C a solução é incolor.
 Soma =

10 Fuvest Um recipiente fechado de 1 litro contendo inicialmente, à temperatura ambiente, 1 mol de I_2 e 1 mol de H_2 é aquecido a 300 °C. Com isso estabelece-se o equilíbrio:



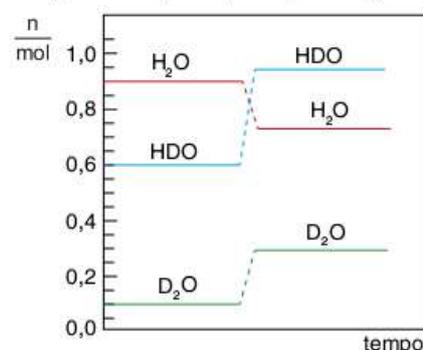
cuja constante é igual a $1,0 \cdot 10^2$. Qual a concentração, em mol/L, de cada uma das espécies $H_{2(g)}$, $I_{2(g)}$ e $HI_{(g)}$, nessas condições?

- (a) 0, 0, 2 (c) $\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{5}{3}$ (e) $\frac{1}{11}, \frac{1}{11}, \frac{10}{11}$
 (b) 1, 1, 10 (d) $\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{5}{6}$

11 Fuvest 2008 Certas quantidades de água comum (H_2O) e de água deuterada (D_2O) – água que contém átomos de deutério em lugar de átomos de hidrogênio – foram misturadas. Ocorreu a troca de átomos de hidrogênio e de deutério, formando-se moléculas de HDO e estabelecendo-se o equilíbrio (estado I)



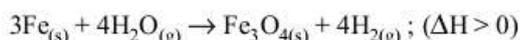
As quantidades, em mols, de cada composto no estado I estão indicadas pelos patamares, à esquerda, no diagrama.



Depois de certo tempo, mantendo-se a temperatura constante, acrescentou-se mais água deuterada, de modo que a quantidade de D_2O , no novo estado de equilíbrio (estado II), fosse o triplo daquela antes da adição. As quantidades, em mols, de cada composto envolvido no estado II estão indicadas pelos patamares, à direita, no diagrama. A constante de equilíbrio, nos estados I e II, tem, respectivamente, os valores:

- (a) 0,080 e 0,25 (c) 6,6 e 4,0 (e) 6,6 e 6,6
 (b) 4,0 e 4,0 (d) 4,0 e 12

12 FEI Um dos processos industriais de obtenção do gás hidrogênio é representado a seguir:



A 300 °C, coloca-se 5 mols de Fe e 10 mols de vapor-d'água. Ao se atingir o equilíbrio, observa-se a presença de 6 mols de vapor-d'água. A constante de equilíbrio K_c , para a temperatura dada, vale aproximadamente:

- (a) 0,20 (c) 2,00 (e) 3,05
 (b) 1,00 (d) 6,50

13 UFPE O valor da constante de equilíbrio para a reação:



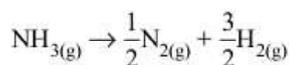
é 2,5. 140 mols de n-butano são injetados num botijão de 20 litros. Quando o equilíbrio for atingido, quantos mols de n-butano restarão?

14 UnB 2012 Em um frasco de 1,0 L, foram colocados, à determinada temperatura, 0,880 g de N_2O e 1,760 g de O_2 gasosos, para reagir. Após se estabelecer o equilíbrio químico, foi formado 1,012 g de gás NO_2 . Considerando essas condições, calcule a concentração molar de equilíbrio do O_2 e multiplique o resultado por 10^4 . Despreze, caso exista, a parte fracionária do resultado obtido, após ter efetuado todos os cálculos solicitados.

15 UEG 2012 Considere um recipiente fechado contendo 1,2 mol de uma espécie química $\text{AB}_{(g)}$, a certa temperatura. Depois de certo tempo, verificou-se que $\text{AB}_{(g)}$ foi decomposto em $\text{A}_{2(g)}$ e $\text{B}_{2(g)}$ até atingir o equilíbrio químico, em que se constatou a presença de 0,45 mol de $\text{B}_{2(g)}$. O grau de dissociação, em porcentagem, de $\text{AB}_{(g)}$ nas condições apresentadas é igual a:

- (a) 25 (c) 75
 (b) 50 (d) 90

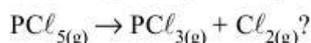
16 UFMG Quando um mol de amônia é aquecido num sistema fechado, a uma determinada temperatura, 50% do composto se dissocia, estabelecendo-se o equilíbrio:



A soma das quantidades de matéria, em mol, das substâncias presentes na mistura em equilíbrio é:

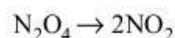
- (a) 3,0 (c) 2,0 (e) 1,0
 (b) 2,5 (d) 1,5

17 ITA Num recipiente de volume constante igual a 1,00 litro, inicialmente evacuado, foi introduzido 1,00 mol de pentacloreto de fósforo gasoso e puro. O recipiente foi mantido a 250 °C e no equilíbrio final foi verificada a existência de 0,47 mol de gás cloro. Qual das opções a seguir contém o valor aproximado da constante (K_c) do equilíbrio estabelecido dentro do cilindro e representado pela seguinte equação química:



- (a) 0,179 (c) 0,42 (e) 4,52
 (b) 0,22 (d) 2,38

18 Fuvest N_2O_4 e NO_2 , gases poluentes do ar, encontram-se em equilíbrio, como indicado:



Em uma experiência, nas condições ambientes, introduziu-se 1,50 mol de N_2O_4 em um reator de 2,0 litros. Estabelecido o equilíbrio, a concentração de NO_2 foi de 0,060 mol/L. Qual o valor da constante K_c , em termos de concentração, desse equilíbrio?

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

19 Unicamp Um dos usos do hidrogênio (H_2) é como combustível. Sua reação com o oxigênio (O_2) forma água (H_2O), como produto único. Num recipiente, foram inicialmente colocados 1,0 mol de hidrogênio e 1,0 mol de oxigênio. A reação entre os dois foi provocada por meio de uma faísca elétrica.

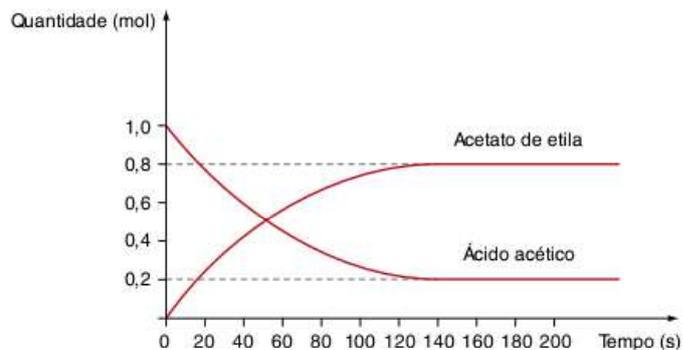
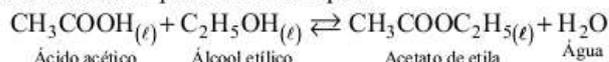
- a) Escreva a equação química que representa a reação entre hidrogênio e oxigênio.
 b) Determine a quantidade (em mol) de cada uma das substâncias restantes no recipiente, após a reação.

20 ITA 2008 Carbamato de amônio sólido ($\text{NH}_2\text{COONH}_4$) decompõe-se em amônia e dióxido de carbono, ambos gasosos. Considere que uma amostra de carbamato de amônio sólido esteja em equilíbrio químico com $\text{CO}_{2(g)}$ e $\text{NH}_{3(g)}$ na temperatura de 50 °C, em recipiente fechado e volume constante. Assinale a opção correta que apresenta a constante de equilíbrio em função da pressão total P, no interior do sistema.

- (a) 3P (b) 2P² (c) P³ (d) 2/9 P² (e) 4/27 P³

21 Fuvest Em um determinado solvente, um composto X está em equilíbrio com o seu dímero. Qual a expressão da constante desse equilíbrio em termos de concentração?

22 UFGO A cinética da reação de consumo de 1 mol de ácido acético e a formação de 1 mol de acetato de etila em função do tempo está representado no gráfico a seguir. A reação que representa esse equilíbrio é dada por:



- a) Quantos mols de ácido acético restam e quantos de acetato de etila se formaram em 120 s de reação?
 b) Após quanto tempo de reação a quantidade de produtos passa a ser maior que a de reagentes?
 c) Quantos mols de acetato de etila são obtidos no equilíbrio?

23 Fuvest Considere os seguintes dados referentes às reações químicas representadas por:

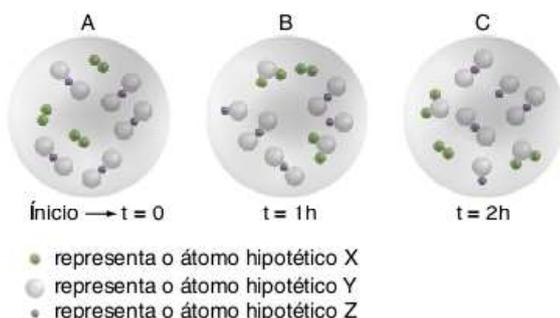
1) $A \rightarrow B$; velocidade da reação = v_1

2) $B \rightarrow A$; velocidade da reação = v_2

Em cada instante $v_1 = k_1[A]$ e $v_2 = k_2[B]$, sendo que k_1 e k_2 são constantes.

- A partir dessas informações explique como se obtém a expressão da constante de equilíbrio de $A \rightleftharpoons B$.
- Qual o valor dessa constante de equilíbrio se $k_2 = 10 k_1$?

24 UFPR As figuras A, B e C representam o mesmo recipiente fechado no qual ocorre uma reação química hipotética em fase gasosa, em três tempos diferentes:



Considerando o número e as espécies de moléculas representadas nas figuras, é incorreto afirmar que:

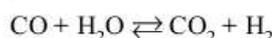
- em qualquer das situações A, B ou C, as figuras representam soluções gasosas.
- a equação que representa a situação é:
 $ZY_{2(g)} + X_{2(g)} \rightarrow ZY_{(g)} + X_2Y_{(g)}$
- a reação atinge o equilíbrio somente após 2h.
- a equação que melhor representa a reação na situação B é:
 $ZY_{2(g)} + X_{2(g)} \rightleftharpoons ZY_{(g)} + X_2Y_{(g)}$
- a situação C pode ser representada pela equação:
 $ZY_{(g)} + X_2Y_{(g)} \rightleftharpoons ZY_{2(g)} + X_{2(g)}$ e, neste caso, k_c vale $\frac{3}{4}$.

25 IME A constante de equilíbrio, K_c , para a reação:



é 1,60 a 986 °C. Calcule a concentração final de cada componente do sistema, em equilíbrio, quando se misturam 1,00 mol de H_2 , 2,00 mols de CO_2 , 3,00 mols de H_2O e 4,00 mols de CO em um balão de 10,0 L, naquela temperatura.

26 Fuvest A reação reversível:



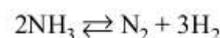
em fase gasosa, admite os seguintes valores da constante de equilíbrio K:

t (°C)	225	425	625	825	995
K	0,007	0,109	0,455	1,08	1,76

Partindo-se de uma mistura equimolar de CO e H_2O :

- quais os compostos que predominam no equilíbrio, a 225 °C?
- em qual das temperaturas relacionadas as concentrações de reagentes e produtos, no equilíbrio, são aproximadamente iguais? Justifique.

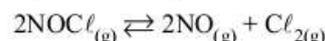
27 E.E.Mauá Num recipiente fechado, indeformável e a uma dada temperatura, aquece-se 0,4 mol de NH_3 . Estabelecido o equilíbrio:



verifica-se que há 0,30 mol de hidrogênio no sistema. Calcule o grau de dissociação térmica do NH_3 àquela temperatura. Dados: massas atômicas: H = 1; N = 14.

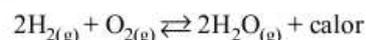
28 UFMG 0,80 mol/L de A é misturado com 0,80 mol/L de B. Esses dois compostos reagem lentamente, produzindo C e D de acordo com a reação $A + B \rightleftharpoons C + D$. Quando o equilíbrio é atingido, a concentração de C é medida, encontrando-se o valor 0,60 mol/L. Qual o valor da constante de equilíbrio K_c dessa reação?

29 Fuvest 2010 Cloreto de nitrosila puro ($NOCl$) foi aquecido a 240 °C em um recipiente fechado. No equilíbrio, a pressão total foi de 1,000 atm e a pressão parcial do $NOCl$ foi de 0,640 atm. A equação a seguir representa o equilíbrio do sistema:



- Calcule as pressões parciais do NO e do Cl_2 no equilíbrio.
- Calcule a constante do equilíbrio.

30 Ufla 2008 De acordo com o Princípio de Le Chatelier, quando um sistema em equilíbrio sofre alguma modificação em parâmetros, como pressão, temperatura ou concentração, as proporções de reagentes e produtos se ajustam, de maneira a minimizar o efeito da alteração. Considerando essa reação em equilíbrio, responda:

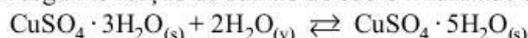


- Calcule a constante de equilíbrio para a reação quando a pressão parcial de H_2 for 1 atm, a pressão parcial de O_2 for 1 atm e a pressão parcial de H_2O for 0,5 atm.
- Se adicionarmos 0,15 mol de H_2 e 0,7 mol de O_2 ao recipiente de 0,50 L e deixarmos a mistura atingir o equilíbrio a 25 °C, observaremos que 50 % do H_2 foi consumido. Qual é a composição final dessa mistura em mol L⁻¹?

31 UFPA Sabendo-se que $K = 69$ para a reação $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ a 500 °C e que a análise de um recipiente de 7 L mostrou que a 500 °C se encontravam presentes, no estado de equilíbrio, 3,71 mols de hidrogênio e 4,55 mols de amoníaco, então o número de mols de nitrogênio presente no recipiente é:

- 0,144
- 0,288
- 0,414
- 0,510
- 0,653

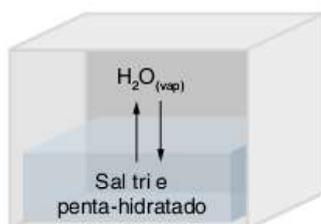
32 Unicamp Um sal pode ser denominado *desidratante* quando absorve vapor de água da atmosfera. Do contrário, um sal é *eflorescente* quando cede vapor de água à atmosfera. Considere a seguinte reação do sulfato de cobre triidratado e água:



Dados: $K_p = 1,56 \cdot 10^{-2}$ (para a pressão em mmHg) a 25 °C.

$P_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) = 24 \text{ mmHg}$ a 25 °C.

a) Considere uma mistura de $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ e $\text{H}_2\text{O}_{(v)}$ em equilíbrio num recipiente fechado a 25 °C. Determine a pressão de vapor da água.

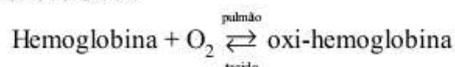


- b) Com o recipiente aberto e a 25 °C e com a umidade relativa do ar igual a 25%, o sal penta-hidratado estará eflorescente ou o sal triidratado estará desidratando o ar?
- c) Com o recipiente aberto e a 25 °C e com umidade relativa do ar igual a 90%, o sal penta-hidratado estará eflorescente ou o sal triidratado estará desidratando o ar?

Deslocamento de equilíbrio

33 Vunesp No corpo humano, o transporte de oxigênio é feito por uma proteína chamada hemoglobina. Cada molécula de hemoglobina contém 4 átomos de ferro.

O transporte de oxigênio, dos pulmões para os tecidos, envolve o equilíbrio reversível:



Mesmo um atleta bem-treinado tem seu rendimento físico muito diminuído quando vai competir em localidades de altitude muito mais elevada do que a que está habituado. Após cerca de duas semanas de treinamento na nova altitude, o rendimento do atleta retorna ao normal.

- a) Explique, em termos químicos, por que o rendimento físico inicial do atleta diminui na altitude mais elevada.
- b) Explique porque, após o período de adaptação, o rendimento do atleta retorna ao normal. O que ocorre com as reservas originais de ferro do organismo em consequência da adaptação?

34 ITA Sulfato de cobre sólido penta-hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(c)}$) é colocado em um recipiente fechado, de volume constante, previamente evacuado, provido de um medidor de pressão e de um dispositivo de entrada/saída para reagentes. A 25 °C é estabelecido, dentro do recipiente, o equilíbrio representado pela equação química:

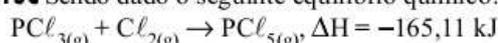


Quando o equilíbrio é atingido, a pressão dentro do recipiente é igual a 7,6 mmHg. A seguir, a pressão de vapor da água é

aumentada para 12 mmHg e um novo equilíbrio é restabelecido na mesma temperatura. A respeito do efeito de aumento da pressão de vapor da água sobre o equilíbrio de dissociação do $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(c)}$, qual das opções seguintes contém a afirmação errada?

- (a) O valor da constante de equilíbrio K_p é igual a $1,0 \cdot 10^{-4}$.
- (b) A quantidade de água na fase gasosa permanece praticamente inalterada.
- (c) A concentração (em mol/L) de água na fase $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_{(c)}$ permanece inalterada.
- (d) A concentração (em mol/L) de água na fase sólida total permanece inalterada.
- (e) A massa total do conteúdo do recipiente aumenta.
- Justificar porque cada uma das opções a, c e d da questão está correta ou errada.

35 UFSC Sendo dado o seguinte equilíbrio químico:



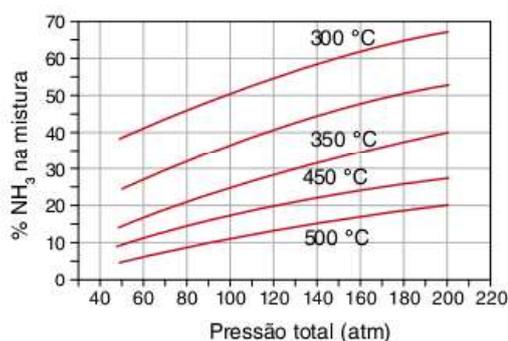
Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 A expressão para calcular a constante de equilíbrio em termos de concentrações molares é: $K_c = \frac{[\text{PCl}_5]}{[\text{PCl}_3] \cdot [\text{Cl}_2]}$.
- 02 A reação direta é endotérmica.
- 04 Aumentando-se a pressão sobre o sistema em equilíbrio, ele será deslocado no sentido de produzir mais $\text{PCl}_{5(g)}$.
- 08 Aumentando-se a temperatura, o equilíbrio será deslocado para a direita.
- 16 Adicionando-se um catalisador, o equilíbrio será deslocado para a direita.
- 32 Aumentando-se a concentração de $\text{Cl}_{2(g)}$, haverá um aumento na concentração do $\text{PCl}_{5(g)}$.

Soma =

36 Unicamp A “revolução verde”, que compreende a grande utilização de fertilizantes inorgânicos na agricultura fez surgir a esperança de vida para uma população mundial cada vez mais crescente e, portanto, mais necessitada de alimentos.

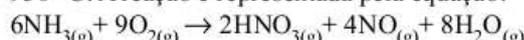
O nitrogênio é um dos principais constituintes de fertilizantes sintéticos de origem não orgânica. Pode aparecer na forma de ureia, sulfato de amônio, fosfato de amônio etc., produtos cuja produção industrial depende da amônia como reagente inicial. A produção de amônia, por sua vez, envolve a reação entre o gás nitrogênio e o gás hidrogênio. A figura a seguir mostra, aproximadamente, as porcentagens de amônia em equilíbrio com os gases nitrogênio e hidrogênio, na mistura da reação de síntese.



- a) A reação de síntese da amônia é um processo endotérmico? Justifique.
- b) Imagine que uma síntese feita à temperatura de 450 °C e pressão de 120 atm tenha produzido 50 toneladas de amônia até o equilíbrio. Se ela tivesse sido feita à temperatura de 300 °C e à pressão 100 atm, quantas toneladas a mais de amônia seriam obtidas? Mostre os cálculos.
- c) Na figura, a curva não sinalizada com o valor de temperatura pode corresponder aos dados de equilíbrio para uma reação realizada a 400 °C na presença de um catalisador? Justifique.

Nas questões 37 e 38 assinale os itens corretos e os itens errados.

Cerca de 90% do ácido nítrico, principal matéria-prima dos adubos à base de nitratos, são obtidos pela reação de oxidação da amônia pelo O₂, em presença de catalisador-platina com 5% a 10% de paládio ou de ródio (ou de ambos) – a uma temperatura de 950 °C. A reação é representada pela equação:



Essa reação ocorre nas seguintes etapas:

- I. $6\text{NH}_{3(g)} + \frac{15}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow 6\text{NO}_{(g)} + 9\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
 $\Delta H = -1.359 \text{ kJ}$
- II. $3\text{NO}_{(g)} + \frac{3}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow 3\text{NO}_2(g)$
 $\Delta H = -170 \text{ kJ}$
- III. $3\text{NO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow 2\text{HNO}_{3(g)} + \text{NO}_{(g)}$
 $\Delta H = -135 \text{ kJ}$

37 UnB O conhecimento físico-químico acerca das reações apresentadas permite prever situações em que é possível afetar o rendimento da síntese de ácido nítrico e, conseqüentemente, prever ações para aumentar a sua produção.

A respeito desse assunto, julgue os itens seguintes.

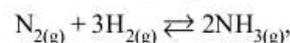
- De acordo com a lei de Hess, aumentando-se o número de etapas da reação para a obtenção do ácido nítrico, aumenta-se a energia liberada no sistema.
- O aumento da produção de ácido nítrico é proporcional ao consumo de ligas de platina.
- Considerando que as reações indicadas estão em estado de equilíbrio, é correto prever que o abaixamento de temperatura no sistema reacional aumenta a produção de ácido nítrico.

38 UnB Considerando que as reações das etapas de obtenção do ácido nítrico, totalmente ionizável em água, estão em equilíbrio, julgue os itens a seguir.

- Um aumento de pressão no sistema reacional eleva a produção de ácido nítrico.
- Pela equação global, verifica-se que a adição de água ao sistema diminui o rendimento da reação.
- Sabendo-se que a constante de ionização do ácido acético é igual a $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$, é correto concluir que este é mais forte que o ácido nítrico.
- A expressão para a constante de equilíbrio da reação global

$$K_c = \frac{[\text{HNO}_3][\text{NO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{NH}_3][\text{O}_2]}$$

39 UFC 2009 A amônia NH₃, utilizada em refrigeração e em diferentes processos químicos industriais, atualmente se tornou uma das matérias primas fundamentais. O processo catalítico industrial Haber-Bosch para sua produção é conduzido a 550 °C e 200 atm. De acordo com a reação química



Assinale a alternativa correta.

- A taxa de consumo de N₂ é desfavorecida em altas pressões.
- A taxa de formação de NH₃ é favorecida em baixas pressões.
- A taxa de consumo de H₂ é igual à taxa de formação do NH₃.
- A taxa de consumo de N₂ é três vezes superior à taxa de consumo do H₂.
- A taxa de formação de NH₃ é duas vezes superior à taxa de consumo do N₂.

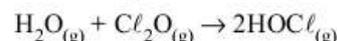
40 PUC-Rio 2009 (Adapt.) A tecnologia mais comumente empregada na produção industrial de ácido sulfúrico é o processo de contato, que envolve três etapas:

- obtenção do dióxido de enxofre (SO₂) a partir do enxofre como matéria prima.
 $2\text{S}_{(s)} + 2\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{2(g)} + \text{calor}$
- conversão catalítica do dióxido de enxofre em trióxido de enxofre (SO₃)
 $2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)} + \text{calor}$
- reação do trióxido de enxofre com a água produzindo o ácido sulfúrico
 $2\text{SO}_{3(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{calor}$

Faça o que se pede.

- Escreva a expressão da constante de equilíbrio, em função das pressões parciais, K_p, para a reação de conversão do dióxido de enxofre em trióxido de enxofre.
- A elevação da pressão do meio reacional na conversão do dióxido de enxofre em trióxido de enxofre perturba o equilíbrio e desloca a reação? Em que direção?

41 ITA A constante de equilíbrio da reação:



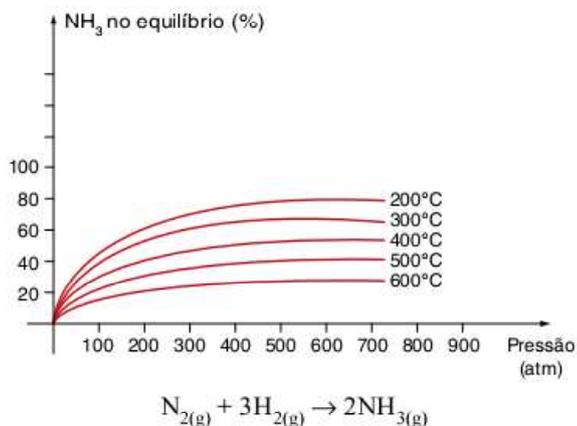
a 25 °C, é K_c = K_p = 0,0900. Recipientes fechados numerados de I até IV, e mantidos na temperatura de 25 °C, contêm somente as três espécies químicas gasosas envolvidas na reação anterior. Imediatamente após cada recipiente ter sido fechado, as pressões e/ou as quantidades de cada uma destas substâncias, em cada um dos recipientes, são:

- 5 mmHg de H₂O_(g); 400 mmHg de Cl₂O_(g) e 10 mmHg de HOCl_(g)
- 10 mmHg de H₂O_(g); 200 mmHg de Cl₂O_(g) e 10 mmHg de HOCl_(g)
- 1,0 mol de H₂O_(g); 0,080 mol de Cl₂O_(g) e 0,0080 mols de HOCl_(g)
- 0,50 mols de H₂O; 0,0010 mol de Cl₂O_(g) e 0,20 mols de HOCl_(g)

Pode-se afirmar que as misturas gasosas dos recipientes I e II não estão em equilíbrio químico e as reações avançam no sentido da direita para a esquerda.

Certo ou errado? Justifique.

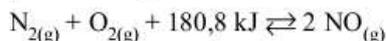
42 PUC-MG (Adapt.) O gráfico a seguir nos mostra a influência conjunta da pressão e da temperatura na produção da amônia (NH_3), de acordo com a reação:



A partir do exposto e da análise do gráfico, é correto concluir que:

- à temperatura suficientemente baixa, pode-se obter 100% de NH_3 .
- a reação, na direção da produção de NH_3 , é endotérmica.
- o aumento da pressão faz o equilíbrio deslocar-se na direção da produção NH_3 .
- na equação química balanceada, o número total de mols dos reagentes é menor do que o dos produtos.
- a adição de um catalisador desloca o equilíbrio da reação.

43 UFSC 2008 Em grandes cidades, tais como São Paulo e Rio de Janeiro, a presença de milhões de veículos provoca um dos piores problemas de poluição atmosférica devido à emissão do monóxido de nitrogênio, dentre outros gases. No cilindro de um motor de automóvel de alta compressão, as temperaturas durante a queima do combustível podem ser da ordem de 2.400 K. Essas condições favorecem a combustão do nitrogênio, representada pela equação química a seguir:



Sabe-se que a constante de equilíbrio para a formação de um mol de NO a 300 K é igual a 10^{13} , enquanto à temperatura de 2.400 K o valor da constante é 10^{13} vezes maior.

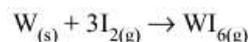
Com base nas informações fornecidas e na equação balanceada, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- Alta temperatura atingida pelos gases promove a redução do nitrogênio.
- A formação de monóxido de nitrogênio é um processo exotérmico.
- Um aumento da temperatura do sistema provocará um deslocamento do equilíbrio para a direita.
- À temperatura de 300 K pode-se afirmar que, no equilíbrio, as concentrações de N_2 , O_2 e NO são iguais.
- À temperatura de 2.400 K existe uma concentração menor de NO no equilíbrio.
- Um aumento na pressão favorece a formação de NO.

64 Um catalisador automotivo eficiente transforma gases tóxicos em não tóxicos à temperatura de combustão dos gases expelidos.

Soma =

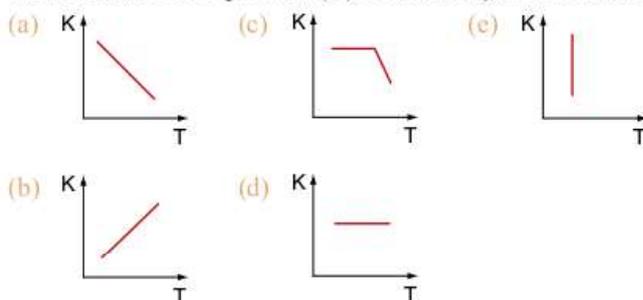
44 Unicamp Nas lâmpadas comuns, quando estão acesas, o tungstênio do filamento sublima, depositando-se na superfície interna do bulbo. Nas chamadas “lâmpadas halógenas” existe, em seu interior, iodo para diminuir a deposição de tungstênio. Estas, quando acesas, apresentam uma reação de equilíbrio que pode ser representado por:



Na superfície do filamento (região de temperatura elevada), o equilíbrio está deslocado para a esquerda. Próximo à superfície do bulbo (região mais fria), o equilíbrio está deslocado para a direita.

- Escreva a expressão para a constante de equilíbrio.
- A formação do $\text{WI}_{6(\text{g})}$, a partir dos elementos, conforme a equação dada, é exotérmica ou endotérmica? Justifique a resposta.

45 Cesgranrio Assinale a opção que apresenta o gráfico que se relaciona, qualitativamente, ao efeito da temperatura (T) sobre a constante de equilíbrio (K) de uma reação endotérmica:



46 Uepg 2008 A amônia, um dos compostos mais importantes do mercado, é utilizada, entre outros, como fertilizante e como matéria-prima na fabricação de ácido cítrico e nitrato de amônio. Ela é obtida diretamente a partir dos seus elementos, mediante um método conhecido como processo Haber-Bosch, de acordo com a seguinte reação:

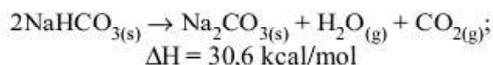


Como esta reação se processa muito lentamente, que meios são utilizados para aumentar sua velocidade?

- O aumento da temperatura do sistema, o que leva a uma elevação no valor da constante de equilíbrio, K, e, portanto, a um aumento da concentração de amônia.
- O aumento da pressão de todo o sistema, o que desloca o equilíbrio, com a conseqüente maior produção de amônia.
- A utilização de um catalisador.
- O aumento do volume do sistema em que a reação se processa.

Soma =

47 UFBA O carbonato de sódio pode ser obtido pela decomposição do hidrogenocarbonato de sódio, a uma determinada temperatura T, segundo a reação:

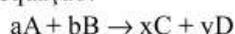


Considerando-se as informações anteriores, pode-se afirmar:

- 01 Para cada mol de hidrogenocarbonato decomposto, é produzido um mol de carbonato de sódio.
- 02 A decomposição de dois moles de hidrogenocarbonato de sódio, à temperatura T, libera 30,6 kcal.
- 04 Mantendo-se a temperatura e o volume constantes, pode-se aumentar o grau de decomposição do NaHCO_3 , removendo-se dióxido de carbono da mistura em equilíbrio.
- 08 O aumento da temperatura provoca um deslocamento do equilíbrio no sentido da formação de $\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{CO}_{2(g)}$.
- 16 O aumento da pressão sobre a mistura em equilíbrio provoca uma redução no grau de decomposição.
- 32 A temperatura não exerce influência sobre o grau de decomposição.

Soma =

48 Makenzie Na equação:



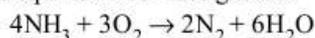
após atingir o equilíbrio químico, podemos concluir que a constante de equilíbrio é

$$K_c = \frac{[C]^x \cdot [D]^y}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

A respeito da qual é correto afirmar que:

- (a) quanto maior for o valor de K_c , menor será o rendimento da reação direta.
- (b) K_c independe da temperatura.
- (c) se as velocidades das reações direta e inversa forem iguais, então $K_c = 0$.
- (d) K_c depende das molaridades iniciais dos reagentes.
- (e) quanto maior for o valor de K_c , maior será a concentração dos produtos.

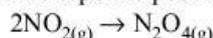
49 Vunesp Em recipiente fechado, à temperatura constante, ocorre o seguinte equilíbrio em fase gasosa:



Explique os efeitos que provocam nesse equilíbrio:

- a) a adição de N_2 gasoso ao recipiente.
- b) o aumento da pressão sobre o sistema.

50 UFPR A dimerização do NO_2 a N_2O_4 depende da temperatura. O equilíbrio das duas espécies pode ser representado por:

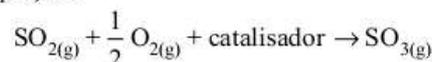


Sabendo-se que a espécie NO_2 é de cor castanha e o dímero N_2O_4 incolor, e que um aumento de temperatura em uma ampola de vidro fechado contendo os dois gases em equilíbrio faz com que a cor castanha se torne mais intensa, diga se a reação de dimerização é endotérmica ou exotérmica. Justifique.

51 Unicamp O CoCl_2 é um sal de cor azul que se hidrata facilmente, passando a $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, de cor rosa. Enfeites como “gatinhos”, “galinhos” e outros bibelôs são recobertos com esse sal e mudam de cor em função da umidade do ar.

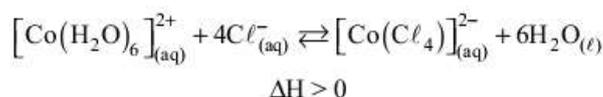
- a) Escreva a equação química que representa o equilíbrio entre o sal anidro e o hidratado.
- b) Indique qual a cor dos bibelôs em função do tempo úmido ou seco. Justifique.

52 Fuvest A obtenção de $\text{SO}_{3(g)}$ pode ser representada pela seguinte equação:



A formação do $\text{SO}_{3(g)}$, por ser exotérmica, é favorecida a baixas temperaturas (temperatura ambiente). Entretanto, na prática, a obtenção do $\text{SO}_{3(g)}$, a partir do $\text{SO}_{2(g)}$ e $\text{O}_{2(g)}$, é realizada a altas temperaturas (420 °C). Justifique essa aparente contradição.

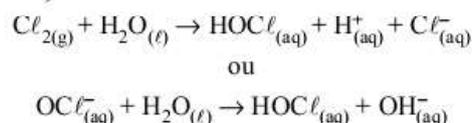
53 UFSCar Quando se dissolve cloreto de cobalto (II) em ácido clorídrico, $\text{HCl}_{(aq)}$, ocorre o seguinte equilíbrio:



À temperatura ambiente, a cor dessa solução é violeta.

- a) O que acontece com a cor da solução quando ela é aquecida? Justifique a resposta.
- b) O que acontece com a cor da solução quando se adiciona mais ácido clorídrico? Justifique a resposta.

54 UFMG O ácido hipocloroso, HOCl , é um poderoso agente desinfetante utilizado no tratamento da água. Por ser instável para ser armazenado na forma concentrada, normalmente, o HOCl é gerado, no momento do uso, por meio de uma das seguintes reações:

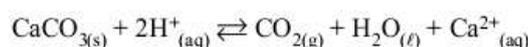


Com relação a esses processos, é incorreto afirmar que:

- (a) a adição de gás cloro a águas alcalinas pode levar à conversão indesejada do HOCl em OCl^- .
- (b) a adição de gás cloro provoca uma diminuição do pH da água.
- (c) a condutividade elétrica da água aumenta após a adição do $\text{Cl}_{2(g)}$.
- (d) a formação do HOCl a partir do hipoclorito é favorecida em águas alcalinas.

Equilíbrio iônico

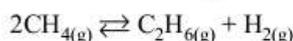
55 UFPR 2008 A acidez do solo é prejudicial ao desenvolvimento das plantas, podendo ocasionar queda na produção. A aplicação do calcário (CaCO_3) no solo reduz a sua acidez, conforme representado pela equação química a seguir:



Com base nas informações acima e nos conhecimentos sobre acidez do solo, assinale a alternativa correta.

- O calcário neutraliza a acidez do solo porque produz íons H^+ .
- O uso do calcário aumenta a concentração de íons H^+ no solo.
- Nesse caso, a correção da acidez do solo ocorre sem o consumo de calcário.
- Além de corrigir a acidez do solo, a aplicação do calcário contribui para o aumento da concentração de íons Ca^{2+} .
- Um solo com concentração de íons H^+ igual a $8 \cdot 10^{-4} \text{ mol/m}^3$ necessita de $4 \cdot 10^{-5} \text{ mol/m}^3$ de calcário para a correção da acidez.

56 Unifesp 2008 Sob condições experimentais adequadas, o gás metano pode ser convertido nos gases etano e hidrogênio:

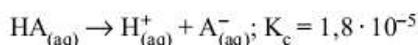


Para essa reação, a dependência da constante de equilíbrio com a temperatura é dada na tabela.

Temperatura (K)	Constante de equilíbrio
298	$9 \cdot 10^{-13}$
400	$8 \cdot 10^{-10}$
600	$6 \cdot 10^{-7}$

- A reação de conversão do gás metano para etano é uma reação endotérmica? No sistema em equilíbrio, a concentração de gás metano pode ser aumentada se houver um aumento de temperatura? Justifique suas respostas.
- No sistema em equilíbrio, qual deve ser o efeito na concentração do gás hidrogênio quando, separadamente, se adiciona um catalisador e quando há um aumento de pressão? Justifique suas respostas.

57 ITA Considere soluções aquosas diluídas de ácido acético, a $25^\circ C$, em equilíbrio. A equação a seguir, na qual HA significa ácido acético e A^- o íon acetato, representa este equilíbrio:



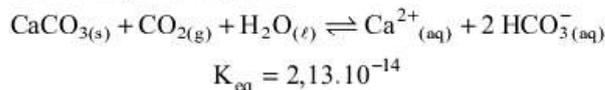
Considerando um comportamento ideal das soluções e a notação $[H^+]$, $[A^-]$ e $[HA]$ para representar as respectivas concentrações em mol/L e definindo $\alpha = [A^-]/([A^-] + [HA])$ e $C = [A^-] + [HA]$, assinale a opção cuja afirmação está errada.

- A pressão parcial do HA sobre a solução é proporcional ao produto $(1 - \alpha) \cdot C$.
- A condutividade elétrica é proporcional ao produto $\alpha \cdot C$.
- O abaixamento da temperatura do início de solidificação no resfriamento é proporcional ao produto $(1 + \alpha) \cdot C$.
- O produto $\alpha \cdot C$ é uma função crescente de C.
- Considerando também a dissociação iônica do solvente, conclui-se que a $[H^+]$ é menor do que a $[A^-]$.

58 Unesp 2011 O ácido benzoico e seus derivados são largamente utilizados na conservação de alimentos. Destinam-se a inibir o crescimento de fungos e leveduras, sendo também eficientes contra uma grande gama de bactérias. Considere uma formulação comercial de ácido benzoico ($C_6H_5CO_2H$) em água, de concentração molar $0,01M$, 7% ionizada.

Escreva a equação de ionização do ácido benzoico em água e a expressão da constante de equilíbrio (K_a) desse ácido. Qual a concentração de H^+ no equilíbrio?

59 Udesc 2012 Com relação às propriedades dos compostos pouco solúveis em equilíbrio com seus íons em solução aquosa, considere a seguinte reação:



Analise as proposições sobre o valor da constante de equilíbrio estimada e de todos os equilíbrios envolvidos.

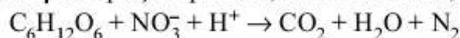
- É possível dissolver o carbonato de cálcio sólido borbulhando dióxido de carbono gasoso à solução, pois o valor da constante de equilíbrio torna o processo favorável.
 - Constantes de equilíbrio maiores que 1 tendem a favorecer a posição do equilíbrio para os produtos.
 - Não é possível a dissolução completa do carbonato de cálcio sólido pela passagem de gás carbônico gasoso pela solução, como sugerido pelo baixo valor da constante de equilíbrio para a reação.
 - A adição de bicarbonato de sódio no sistema reacional vai causar um deslocamento do equilíbrio para a direita.
 - A adição de $CO_{2(g)}$ ao sistema vai causar mais precipitação de carbonato de cálcio.
 - A remoção do dióxido de carbono dissolvido na solução vai aumentar a solubilidade do carbonato de cálcio.
- Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II e V são verdadeiras.
- Somente as afirmativas III e V são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II e VI são verdadeiras.

60 Uece A concentração $[H^+]$ de uma solução $6 \cdot 10^{-7}$ mols/litro do ácido H_2S , com uma constante de ionização K_a de 10^{-7} , é igual a:

- $5 \cdot 10^{-7}$ mol/litro
- $6 \cdot 10^{-7}$ mol/litro
- $3 \cdot 10^{-6}$ mol/litro
- $2 \cdot 10^{-7}$ mol/litro

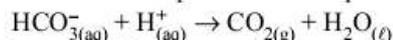
61 Puccamp A equação química, não balanceada,



representa a reação que ocorre em solos pouco aerados e envolve a redução de nitrato a nitrogênio, em meio ácido, na presença de carboidrato. O fenômeno, conhecido como desnitrificação, prejudica a fixação de NO_3^- pelas plantas. É possível aumentar a concentração do NO_3^- no equilíbrio adicionando-se, no solo, espécie química capaz de:

- liberar íons OH^- .
- liberar íons H^+ .
- absorver CO_2 .
- reagir com N_2 .
- consumir H_2O .

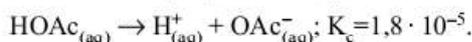
62 UEL O íon bicarbonato pode ser decomposto pela reação:



Pode-se eliminar o íon bicarbonato de certas soluções aquosas com adição de:

- KOH
- CH_3OH
- CsCl
- NaHS
- HCl

63 ITA Um copo, com capacidade de 250 mL, contém 100 mL de uma solução aquosa 0,10 molar em ácido acético na temperatura de 25 °C. Nesta solução, ocorre o equilíbrio:



A adição de mais 100 mL de água pura a esta solução, com a temperatura permanecendo constante, terá as seguintes consequências, respectivamente:

I. Concentração de íons acetato (mol/litro).

II. Quantidade de íons acetato (mol).

(a) (I) vai aumentar, (II) vai aumentar.

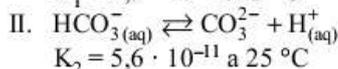
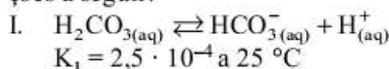
(b) (I) vai aumentar, (II) vai diminuir.

(c) (I) fica constante, (II) fica constante.

(d) (I) vai diminuir, (II) vai aumentar.

(e) (I) vai diminuir, (II) vai diminuir.

64 PUC-Rio 2009 Em água, o ácido carbônico, H_2CO_3 , encontra-se ionizado conforme indicação simplificada nas equações a seguir:



Com relação ao meio onde esses equilíbrios se estabelecem e suas respectivas constantes, é correto afirmar que:

(a) a expressão da constante de equilíbrio do H_2CO_3 em (I) é $K_1 = [\text{H}_2\text{CO}_3]/[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+] = 2,5 \cdot 10^{-4}$.

(b) a expressão da constante de equilíbrio do HCO_3^- em (II) é $K_2 = [\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]/[\text{HCO}_3^-] = 5,6 \cdot 10^{-11}$.

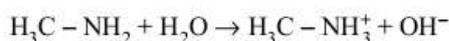
(c) o produto das constantes é $K_1K_2 = [\text{CO}_3^{2-}][\text{H}^+]/[\text{H}_2\text{CO}_3] = 14 \cdot 10^{-7}$.

(d) o pH do meio é maior do que 7.

(e) os valores de K_1 e de K_2 indicam que HCO_3^- em (II) se ioniza mais que H_2CO_3 em (I).

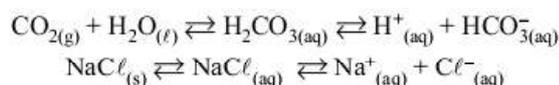
65 Uerj (Adapt.) O cheiro característico do peixe é causado por uma substância orgânica denominada metilamina, de fórmula $\text{H}_3\text{C} - \text{NH}_2$.

O caráter básico dessa substância está indicado no seguinte sistema em equilíbrio:

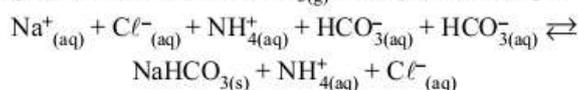


A sabedoria popular recomenda que, logo após o manuseio do peixe, se use o limão para remover o cheiro que ficou nas mãos. Aplicando o Princípio de Le Chatelier, apresente uma justificativa para a eliminação do cheiro de peixe pelo uso de limão.

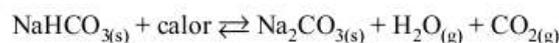
66 UEL 2009 A barrilha, nome dado comercialmente ao carbonato de sódio (Na_2CO_3), matéria-prima para a fabricação de vidros, é um dos produtos químicos mais produzidos no mundo. É obtida pelo processo Solvay, cujas etapas são mostradas a seguir. 1ª etapa (20 °C); Borbulhamento de CO_2 em uma solução aquosa de NaCl .



2ª etapa (20 °C): Adição de NH_3 à solução da 1ª etapa.



3ª etapa: Filtração e aquecimento a 300 °C do hidrogenocarbonato de sódio.



Com base nas equações químicas, considere as afirmativas a seguir.

I. A concentração de HCO_3^- na solução da 1ª etapa não ultrapassou o limite de solubilidade do NaHCO_3 .

II. A adição de NH_3 ao equilíbrio da 1ª etapa remove íons H^+ da solução e aumenta a concentração de íons HCO_3^- .

III. Na 2ª etapa, o limite de solubilidade do NaHCO_3 a 20 °C é ultrapassado.

IV. O aquecimento realizado na 3ª etapa é para a purificação do NaHCO_3 .

Assinale a alternativa correta.

(a) Somente as afirmativas I e II são corretas.

(b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.

(c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.

(d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.

(e) Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.

67 UFF (Adapt.) Uma solução de ácido acético 0,050 M apresenta um grau de dissociação (α) 0,4% a temperatura de 25 °C. Para esta solução, à temperatura mencionada, calcule:

Dado: $\log 2 = 0,301$.

a) o valor da constante de equilíbrio;

b) a concentração do íon acetato;

c) a concentração de todas as espécies em solução.

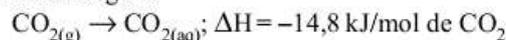
68 Quando um ácido poliprótico se ioniza, cada hidrogênio ionizado é liberado em uma etapa com constante de equilíbrio própria.

a) Escreva as expressões das constantes de equilíbrio das ionizações que o ácido fosfórico (H_3PO_4) pode sofrer em água, até chegar ao ânion fosfato (PO_4^{3-}).

b) Prove que $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = K_{\text{Global}}$.

Lei de Henry

69 UFRJ Na fabricação de cerveja, adiciona-se gás carbônico durante o processo de engarrafamento (parte do CO_2 já é produzido durante a fermentação). Isso faz com que o produto final apresente uma acidez maior. Por outro lado, o CO_2 em solução fica em equilíbrio com o CO_2 não solubilizado, como representado a seguir:



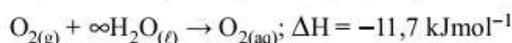
a) Suponha que a geração de espuma esteja relacionada à quantidade de gás liberado durante a abertura da garrafa de cerveja. Se duas cervejas são abertas no mesmo bar, uma a 6 °C e outra a 25 °C, qual apresentará a maior quantidade de espuma? Justifique sua resposta.

b) Explique por que o CO_2 , em solução aquosa, pode ser considerado um ácido.

70 ITA Um recipiente aberto contém água em equilíbrio com o ar atmosférico e está na temperatura ambiente. Com um tubo, passa-se a borbulhar através dessa água uma mistura de $N_{2(g)}$ e $O_{2(g)}$, em que a fração molar de ambos componentes é 0,50. Se for atingido o regime estacionário, decorrente deste borbulhamento, pode-se garantir que:

- (a) a constante de equilíbrio, K_c , da reação $N_{2(g)} \rightarrow N_{2(aq)}$ ficará igual a 1.
- (b) a concentração de $O_{2(aq)}$ diminuirá.
- (c) a concentração de $N_{2(aq)}$ aumentará.
- (d) a pressão de vapor da água aumentará.
- (e) a concentração de $CO_{2(aq)}$ diminuirá.

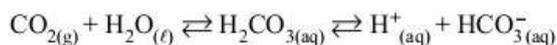
71 Unicamp O processo de dissolução do oxigênio do ar na água é fundamental para a existência de vida no planeta. Ele pode ser representado pela seguinte equação química:



Observação: o símbolo ∞ significa grande quantidade de substância.

- a) Considerando que a altitude seja a mesma, há mais oxigênio dissolvido em um lago de águas a 10 °C ou em outro de águas a 25 °C? Justifique.
- b) Considerando uma mesma temperatura, há mais oxigênio dissolvido em um lago no alto da Cordilheira dos Andes ou em outro em sua base? Justifique.

72 Fatec 2008 Para gaseificar um refrigerante, injeta-se gás carbônico sob pressão. Parte do gás injetado dissolve-se na solução que constitui o refrigerante, de modo que, ao ser fechada a garrafa, estabelecem-se, entre outros, os seguintes equilíbrios químicos simultâneos:



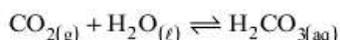
Ao abrir a garrafa de refrigerante, há escape de gás até estabelecer-se um novo estado de equilíbrio.

Afirma-se que esse escape será mais intenso se:

- I. a garrafa for aberta em uma cidade litorânea em vez de uma cidade montanhosa;
 - II. forem acrescentadas gotas de suco de limão a solução aquosa que constitui o refrigerante;
 - III. for acrescentada mais água a solução aquosa do refrigerante.
- É correto o que se afirma somente em:

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

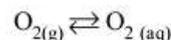
73 Enem 2ª aplicação 2010 Às vezes, ao abrir um refrigerante, percebe-se que uma parte do produto vaza rapidamente pela extremidade do recipiente. A explicação para esse fato está relacionada à perturbação do equilíbrio químico existente entre alguns dos ingredientes do produto, de acordo com a equação:



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

- (a) liberação de CO_2 para o ambiente.
- (b) elevação da temperatura do recipiente.
- (c) elevação da pressão interna no recipiente.
- (d) elevação da concentração de CO_2 no líquido.
- (e) formação de uma quantidade significativa de H_2O .

74 UEMG 2010 A presença do oxigênio gasoso (O_2) na água se deve, em parte, à dissolução do ar atmosférico na água. A equação, a seguir, representa o equilíbrio de dissolução do O_2 em água:



Baseando-se nessas informações e em outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que:

- (a) a solubilidade do O_2 aumenta em temperaturas mais elevadas.
- (b) a solubilidade do O_2 é baixa, devido ao caráter polar da molécula de água.
- (c) a disponibilidade de O_2 em águas superficiais é influenciada pela altitude.
- (d) a ligação entre átomos de oxigênio ocorre por compartilhamento de elétrons.

75 ITA 2010 A 25 °C e 1 atm, uma amostra de 1,0 L de água pura foi saturada com oxigênio gasoso (O_2) e o sistema foi mantido em equilíbrio nessas condições. Admitindo-se comportamento ideal para o O_2 e sabendo-se que a constante da Lei de Henry para esse gás dissolvido em água é igual a $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$, nas condições do experimento, assinale a opção correta que exprime o valor calculado do volume, em L, de O_2 solubilizado nessa amostra.

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

76 Uece 2008 Classifique as afirmações como verdadeiras (V) ou falsas (F):

- Na atmosfera das regiões metropolitanas, ocorrem várias reações químicas envolvendo os poluentes, e uma delas é: $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$, bastante nociva por se tratar de um equilíbrio químico heterogêneo.
- No sangue ocorre o seguinte equilíbrio químico: hemoglobina + oxigênio \rightleftharpoons oxiemoglobina. Nas localidades de maior altitude, como, por exemplo, o Pico da Neblina, uma pessoa poderá ter dores de cabeça, náuseas e fadiga intensa devido a esse equilíbrio ser deslocado para a esquerda.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta, de cima para baixo.

- (a) V, V
- (b) F, V
- (c) F, F
- (d) V, F

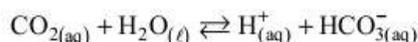
77 ITA 2011 O dióxido de carbono representa, em média, 0,037% da composição volumétrica do ar seco atmosférico, nas condições ambientes. Esse gás, dissolvido em água, sofre um processo de hidratação para formar um ácido diprótico, que se ioniza parcialmente no líquido.

Admitindo-se que água pura seja exposta a $\text{CO}_{2(g)}$ atmosférico, nas condições ambientes, e sabendo que o equilíbrio entre as fases gasosa e líquida desse gás é descrito pela lei de Henry, calcule:

- a solubilidade do $\text{CO}_{2(aq)}$, expressa em mg L^{-1} , nas condições especificadas acima, sabendo que a constante da lei de Henry para CO_2 gasoso dissolvido em água a 25°C é $3,4 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}$.
- a concentração molar do ânion bicarbonato, expressa em mol L^{-1} , sabendo que a constante de dissociação ácida para o primeiro equilíbrio de ionização do ácido diprótico a 25°C é $4,4 \times 10^{-7}$.

78 ITA 2011 Estima-se que a exposição a 16 mg m^{-3} de vapor de mercúrio por um período de 10 min seja letal para um ser humano. Um termômetro de mercúrio foi quebrado e todo o seu conteúdo foi espalhado em uma sala fechada de 10 m de largura, 10 m de profundidade e 3 m de altura, mantida a 25°C . Calcule a concentração de vapor de mercúrio na sala após o estabelecimento do equilíbrio $\text{Hg}_{(l)} \rightleftharpoons \text{Hg}_{(g)}$, sabendo que a pressão de vapor do mercúrio a 25°C é $3 \cdot 10^{-6} \text{ atm}$, e verifique se a concentração de vapor do mercúrio na sala será letal para um ser humano que permaneça em seu interior por 10 min.

79 Unesp 2011 No corpo humano, 70% do transporte de CO_2 para os pulmões, por meio das hemácias e do plasma, ocorre sob a forma de íons bicarbonato. Estes são produzidos pela reação do dióxido de carbono com água, representada pela seguinte reação química:



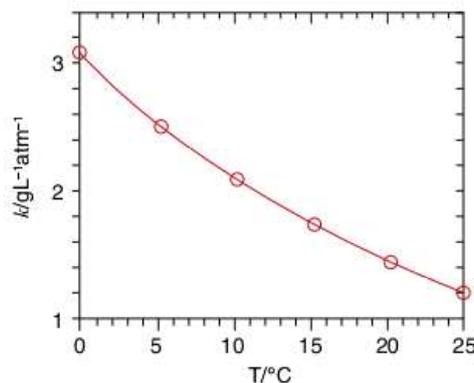
A diminuição do pH do sangue constitui a acidose, que provoca náusea, vômito e cansaço. O aumento do pH do sangue corresponde à alcalose, que provoca distúrbios respiratórios, câibras e convulsões. Considere as seguintes afirmações:

- Pessoas com deficiência respiratória não exalam CO_2 suficientemente, com o que a reação deste com H_2O se desloca para a esquerda.
- Pessoas ansiosas respiram rapidamente, eliminando muito CO_2 com o que a reação deste com H_2O se desloca para a esquerda.
- Pessoas com diarreia sofrem grande perda de íons bicarbonato, com o que a reação do CO_2 com H_2O se desloca para a direita.

É correto o que se afirma em:

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

80 Fuvest 2006 A efervescência observada, ao se abrir uma garrafa de champanhe, deve-se à rápida liberação, na forma de bolhas, do gás carbônico dissolvido no líquido. Nesse líquido, a concentração de gás carbônico é proporcional à pressão parcial desse gás, aprisionado entre o líquido e a rolha. Para um champanhe de determinada marca, a constante de proporcionalidade (k) varia com a temperatura, conforme mostrado no gráfico.



Uma garrafa desse champanhe, resfriada a 12°C , foi aberta à pressão ambiente e 0,10 L de seu conteúdo foram despejados em um copo. Nessa temperatura, 20% do gás dissolvido escapou sob a forma de bolhas. O número de bolhas liberadas, no copo, será da ordem de:

Gás carbônico:	
Pressão parcial na garrafa de champanhe fechada, a 12°C	6 atm
Massa molar	44 g/mol
Volume molar a 12°C e pressão ambiente	24 L/mol
Volume da bolha a 12°C e pressão ambiente	$6,0 \cdot 10^{-8} \text{ L}$

- 10^2 .
- 10^4 .
- 10^5 .
- 10^6 .
- 10^8 .

Frente 1

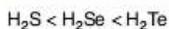
4

Propriedades físicas das substâncias

Revisando

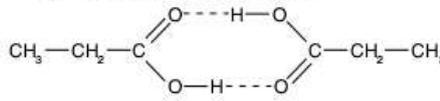
- I. Dipolo induzido, pois são moléculas apolares.
II. Dipolo permanente, pois são moléculas polares.
III. Ligação de hidrogênio, pois são polares e apresentam hidrogênio ligado em oxigênio.
- Como todas as moléculas apresentam a mesma estrutura química (C = O) e realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo permanente), o fator determinante das temperaturas de ebulição será o tamanho/massa das moléculas. Dessa forma, temos:
Propanona = 56 °C
Butanona = 80 °C
Pentan-3-ona = 101 °C
Hexan-3-ona = 124 °C
- Esse comportamento é observado devido às ligações de hidrogênio existentes entre as moléculas do butan-1-ol, que são interações mais fortes do que as encontradas no éter (dipolo permanente).
- Compostos I e IV, respectivamente.
A substância I realiza ligações de hidrogênio, portanto apresenta a maior temperatura de ebulição. A substância IV é apolar (hidrocarboneto) e realiza interações do tipo dipolo induzido, portanto apresenta a menor temperatura de ebulição.
- Como todas as moléculas realizam o mesmo tipo de interação intermolecular (dipolo permanente), o fator determinante das temperaturas de ebulição será o tamanho/massa das moléculas. Dessa forma, teremos:

Composto	Massa molecular (u)
H ₂ S	34
H ₂ Se	81
H ₂ Te	129

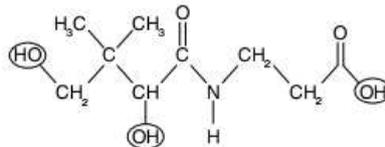


- Os compostos I e II são hidrocarbonetos (apolares) e realizam uma interação fraca (dipolo induzido). Como ambos apresentam a mesma massa, o fator determinante das temperaturas de ebulição será a superfície de contato. Quanto maior o número de ramificações, menor a superfície de contato, menor a atração intermolecular e, conseqüentemente, menor a temperatura de ebulição.
Conclusão: II < I.
A presença de grupo hidroxila (OH) indica forças do tipo ligações de hidrogênio, que são mais intensas do que o dipolo induzido presente nos hidrocarbonetos.
Conclusão final: II < I < III.
- a) A vitamina C, pois apresenta maior quantidade de grupos (-OH) e conseqüentemente interage de forma mais eficiente com a água presente na urina.
b) A vitamina C apresenta maior temperatura de fusão, por apresentar maior quantidade de grupos (-OH) e conseqüentemente realizar um número maior de interações do tipo ligação de hidrogênio.

- a) III, pois realiza ligação de hidrogênio.
b) I, pois é um hidrocarboneto (apolar) e não interage de forma eficiente com a água.
c) III, observe a figura a seguir:



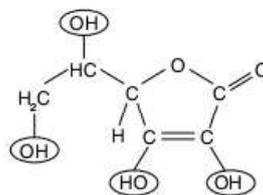
- a) Vitamina B5



Hidrossolúvel:

- vários grupos OH

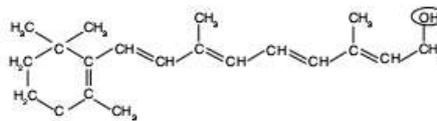
- b) Vitamina C



Hidrossolúvel:

- vários grupos OH

- c) Vitamina A

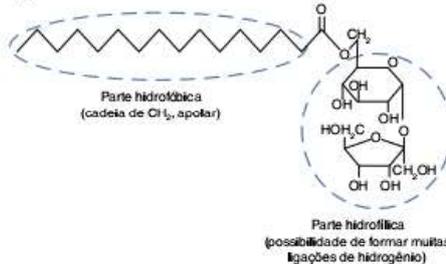


Lipossolúvel:

- cadeia extensa

- apenas um grupo OH

- 10.



Exercícios propostos

- | | |
|-------|-------|
| 1. E | 11. C |
| 2. C | 12. E |
| 3. D | 13. C |
| 4. A | 14. A |
| 5. B | 15. A |
| 6. C | 16. D |
| 7. A | 17. A |
| 8. D | 18. B |
| 9. D | 19. A |
| 10. E | 20. E |

Exercícios complementares

1. Maior interação → menor volatilidade → menor pressão de vapor.
Ordem das interações:
H₂O > etanol > éter e pressão de vapor de solução aquosa < pressão de vapor H₂O puro (efeito coligativo).

Então, basta traçar uma linha vertical para uma temperatura que teremos:

3 < água < 2 < 1

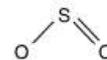
3 – solução de ureia.

2 – etanol.

1 – éter.

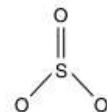
- | | |
|-------|-------|
| 2. C | 9. B |
| 3. E | 10. D |
| 4. A | 11. A |
| 5. B | 12. A |
| 6. D | 13. B |
| 7. 25 | 14. B |
| 8. A | 15. C |
| 16. A | |
| 17. | |

Geometria SO₂:



(angular)

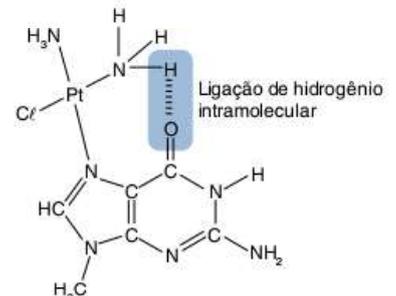
Geometria SO₃:



(trigonal plana)

O SO₂ é solúvel em água porque, a partir da sua geometria angular, é possível observar que é polar. Já o SO₃ tem geometria trigonal plana e é apolar, portanto insolúvel em água.

- | | |
|-------|-------|
| 18. B | 20. D |
| 19. C | 21. D |
- a) A interação entre as moléculas de platina e guanina é a ligação de hidrogênio, bastante estável e difícil de ser rompida.



- b) $Pt(NH_3)_2Cl_2 = 195 + (14 + 3) \cdot 2 + 35,5 \cdot 2 = 300$ u

$$M_{Pt(NH_3)_2Cl_2} = 300 \text{ g/mol}$$

$$\rho_{\text{platina utilizada}} = 0,050 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m_{\text{platina utilizada}} = 0,050 \cdot 300$$

$$m_{\text{platina utilizada}} = 15 \text{ g}$$

$$50 \cdot 10^{-3} \text{ g} \text{ ----- } 1 \text{ frasco}$$

$$15 \text{ g} \text{ ----- } n$$

$$n = 3,0 \cdot 10^2 \text{ frascos}$$

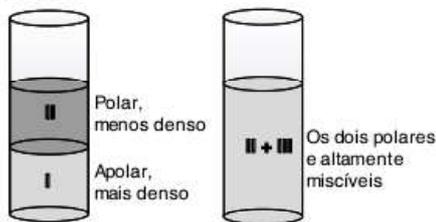
$$n = 300 \text{ frascos}$$

- a) Na acetona (propanona), predomina o dipolo permanente, e no isopropanol predomina a ligação de hidrogênio.
b) A temperatura de ebulição do isopropanol é maior, pois realiza ligações de hidrogênio mais fortes que as forças dipolo permanente presentes na propanona.
- a) Somente o papel não encerado absorveu água.
b) O papel não encerado faz com que as hidroxilas da celulose interajam, por ligações de hidrogênio, com as moléculas da água, resultando na absorção de água por esse material.

A cera é formada por hidrocarbonetos (apolar), portanto o papel encerado não interage com a água (polar).

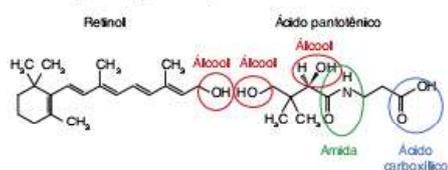
Os pedaços de plástico não absorveram a água, já que o polietileno é apolar e não interage com a água, que é polar.

25. a)



b) Tetracloreto de carbono. A graxa é apolar e se dissolve melhor em solventes apolares, como o CCl_4 .

26. Funções orgânicas presentes em cada vitamina:

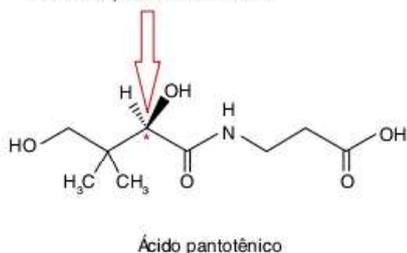


A vitamina B5 (ácido pantotênico) é hidrossolúvel, pois apresenta as funções álcool, amida e ácido carboxílico. Todas essas funções fazem ligação de hidrogênio com a água.

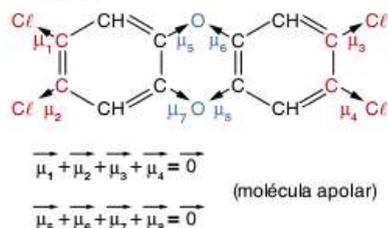
A vitamina A (retinol) é lipossolúvel, pois é predominantemente apolar, realizando interações do tipo dipolo induzido com as cadeias carbônicas da gordura.

A vitamina que apresenta isomeria óptica é a B5, pois apresenta um carbono assimétrico.

* Carbono quiral ou assimétrico

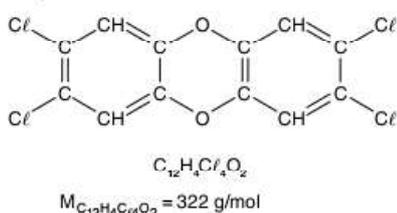


27. a) Com base na análise da estrutura do TCDD, temos:



Já que o momento de dipolo resultante é zero, a molécula é apolar.

b) Fórmula molecular



$$10^{-6} \text{ g (massa letal)} \text{ --- } 1.000 \text{ g (massa corpórea)}$$

$$m_{\text{total}} \text{ --- } 966 \text{ g (massa da cobaia)}$$

$$m_{\text{total}} = 966 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3} = 9,66 \cdot 10^{-7} \text{ g}$$

$$n_{\text{total}} = \frac{m}{M} = \frac{9,66 \cdot 10^{-7} \text{ g}}{322 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$n_{\text{total}} = 3,0 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$$

28. a) O enunciado diz que a conserva de pimenta e óleo comestível é mais picante do que a conserva de pimenta e vinagre, indicando que as interações intermoleculares entre o óleo e a capsaicina são mais fortes do que as da capsaicina com o vinagre. Se usado com o objetivo de eliminar o ardor da pimenta, o óleo é mais eficiente que o vinagre.

b) A sensação de salgado é diminuída em razão da presença de água no leite, o que dilui o excesso de sal.

A sensação de ardência é diminuída em razão da presença de gordura (predominantemente apolar) no leite, já que, de acordo com o enunciado, a capsaicina se dissolve melhor com o óleo (também predominantemente apolar) do que com o vinagre, indicando, assim, que interage de maneira mais eficiente em solventes apolares.

29. a) Não, o urso cinza não usa o termo "dissolvendo" de forma cientificamente correta. Esse termo se aplica a processos que envolvem soluto e solvente de naturezas distintas, não se aplicando a substâncias idênticas em equilíbrio de fases. Nesse caso, o certo seria usar o termo "fundindo" (passagem da água do estado sólido para o estado líquido).

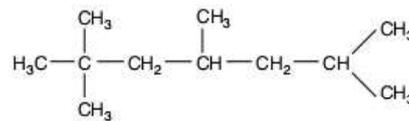
b) Na última fala do urso branco, a palavra "polar" tem um duplo significado: polar pode se referir a um habitante das regiões polares do planeta (urso polar = urso branco) e também a substâncias cujas moléculas apresentam dipolo elétrico em razão da distribuição não uniforme de cargas. O efeito cômico da tirinha vem do fato de que o urso branco atribui o termo polar a si no sentido de ser uma substância com caráter polar, portanto, solúvel em água.

30. a) De acordo com o gráfico, quanto menor o número de átomos de carbono na cadeia da molécula do álcool primário de cadeia linear (apolar), maior sua solubilidade em água (polar).

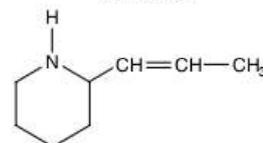
b) O 1-dodecanol tem 10 carbonos e baixa solubilidade em água. Na temperatura do experimento (15 °C), apresenta-se no estado sólido. O químico, então, observou uma mistura bifásica, em que o álcool 1-dodecanol estava no estado sólido e flutuando na solução, pois sua densidade é menor do que a de soluções diluídas de etanol em água.

b) Um composto orgânico, que supostamente só poderia ser sintetizado por seres vivos, foi sintetizado em laboratório a partir de uma substância inorgânica. Dessa forma, provou-se que não havia a necessidade da força vital para a produção de compostos orgânicos.

2. Carbono 1°: ligado a 1 carbono
 Carbono 2°: ligado a 2 carbonos
 Carbono 3°: ligado a 3 carbonos
 Carbono 4°: ligado a 4 carbonos



Composto 1

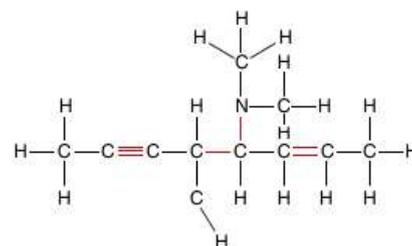
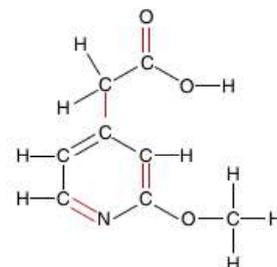
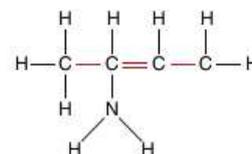
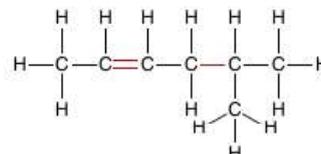


Composto 2

Assim, a tabela fica:

Classificação do carbono	Composto 1	Composto 2
1°	6	2
2°	2	6
3°	2	-
4°	1	-

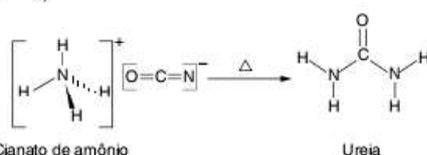
3.



5 Introdução à química orgânica

Revisando

1. a)



4. a)
- Aberta
 - Ramificada
 - Homogênea
 - Saturada (somente ligações simples entre carbonos)
- b)
- Aberta
 - Normal (sem ramificação)
 - Heterogênea
 - Saturada
- c)
- Aberta
 - Ramificada
 - Heterogênea
 - Insaturada
- d)
- Fechada
 - Aromática (possui anel aromático)
 - Homocíclica (apenas um ciclo)
 - Mononuclear

5.

Fórmula molecular: $C_{13}H_{28}$

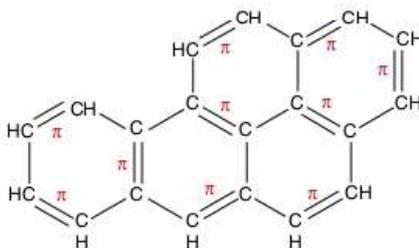
Fórmula molecular: $C_{14}H_{18}N_2O_5$

Fórmula molecular: $C_{10}H_{14}N_2$

Fórmula molecular: $C_{41}H_{50}O_2$

6. Com base nos conceitos de classificação de cadeia carbônica, temos:
5, 7, 4, 2, 6, 8, 1, 3
7. Os compostos que apresentam apenas ligações sigma são: I e IV.
- I)
- II)
- III)
- IV)
- V)

8. Composto I = insaturado, pois apresenta ligação dupla entre carbonos e aromático, pois apresenta núcleo ou anel aromático.
Composto II = insaturado, pois apresenta ligação tripla entre carbonos e alifático, pois não apresenta núcleo ou anel aromático.
9. Sua cadeia carbônica é classificada como aromática (apresenta ressonância eletrônica); mista (tem uma parte fechada e uma parte aberta); insaturada (apresenta ligação dupla entre carbonos); e heterogênea (apresenta heteroátomo).
10. a) $C_{20}H_{12}$
b) São 10 ligações pi (π)



Exercícios propostos

- | | |
|-------|--------|
| 1. B | 11. 12 |
| 2. C | 12. C |
| 3. E | 13. D |
| 4. A | 14. E |
| 5. E | 15. D |
| 6. D | 16. D |
| 7. 07 | 17. C |
| 8. B | 18. A |
| 9. B | 19. D |
| 10. E | 20. A |

Exercícios complementares

- | | |
|-------|------|
| 1. 12 | 4. D |
| 2. C | 5. A |
| 3. C | 6. B |

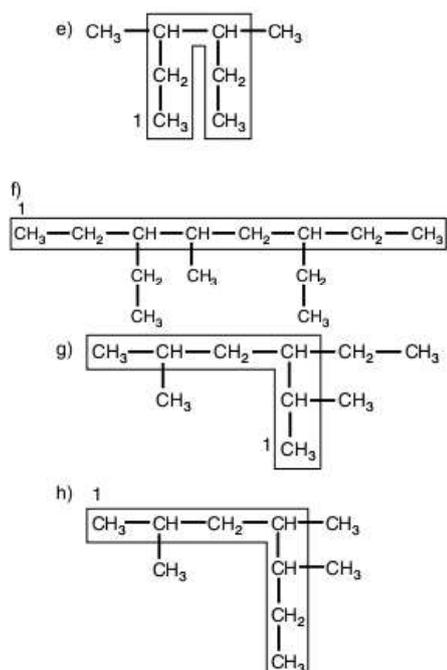
- | | |
|-------|--------|
| 7. C | 11. 21 |
| 8. C | 12. C |
| 9. A | 13. A |
| 10. D | 14. E |
15. a) $C_{17}H_{20}FV_3O_3$
b) Considerando as massas molares dos átomos
 $C = 12; H = 1; F = 19; N = 14; O = 16:$
 $(17 \cdot 12) + (20 \cdot 1) + (1 \cdot 19) + (3 \cdot 14) + (3 \cdot 16) = 333$
Porcentagem em massa de C = $(17 \cdot 12) / 333 \cdot 100\% = 61,26\%$
- | | |
|-------|-------|
| 16. C | 19. C |
| 17. B | 20. E |
| 18. E | |
21. a)
- b)
- c)
- | | |
|-------|-------|
| 22. B | 27. B |
| 23. D | 28. D |
| 24. C | 29. E |
| 25. A | 30. D |
| 26. A | |

6

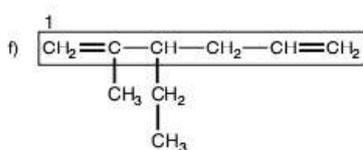
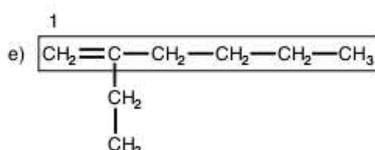
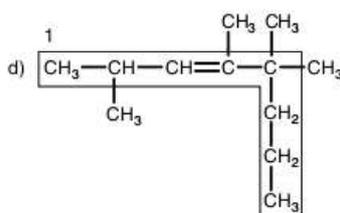
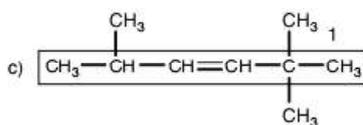
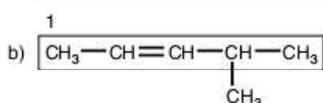
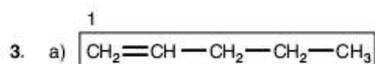
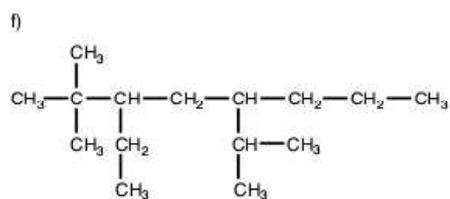
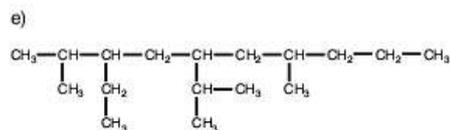
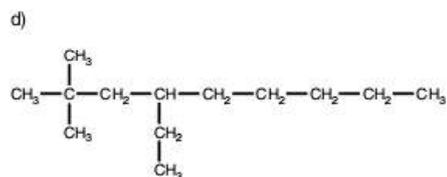
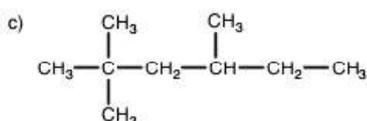
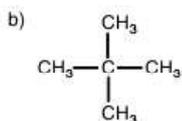
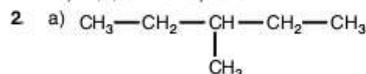
Nomenclatura dos compostos orgânicos

Revisando

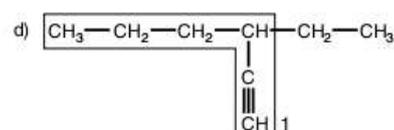
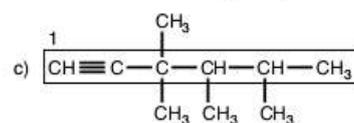
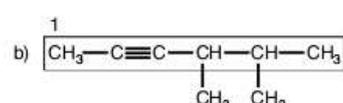
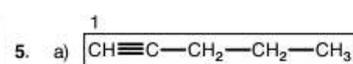
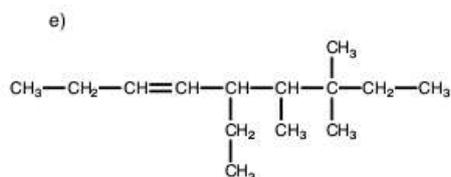
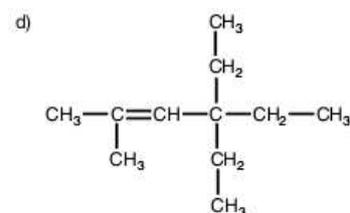
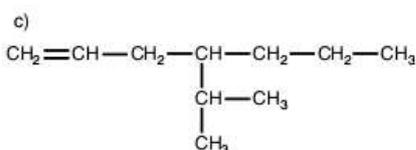
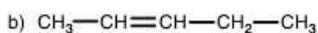
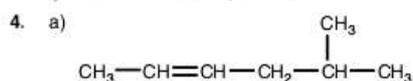
1. a)
- b)
- c)
- d)



- a) 2,3,3-trimetilpentano
- b) 2,3-dimetilpentano
- c) 2,3-dimetilhexano
- d) 2,2,4-trimetilpentano
- e) 3,4-dimetilhexano
- f) 3,6-dietil-4-metiloctano
- g) 3-etil-2,5-dimetilhexano
- h) 2,4,5-trimetilheptano

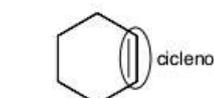
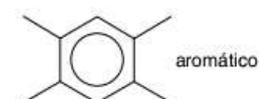
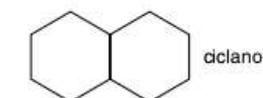


- a) pent-1-eno
- b) 4-metilpent-2-eno
- c) 2,2,5-trimetil-3-eno
- d) 2,4,5,5-tetrametil-3-eno
- e) 2-etil-1-eno
- f) 3-etil-2-metilhexa-1,5-dieno

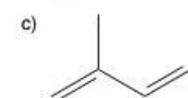
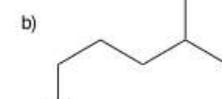
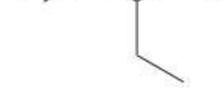


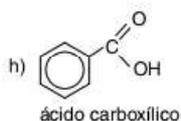
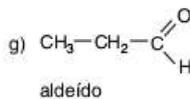
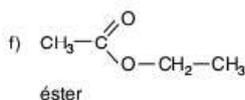
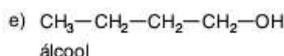
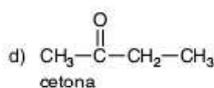
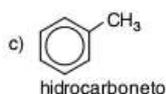
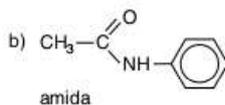
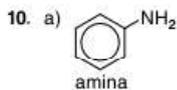
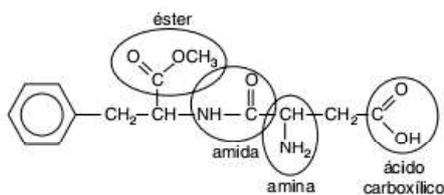
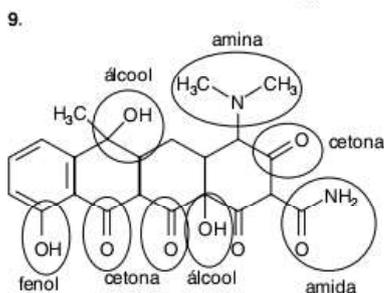
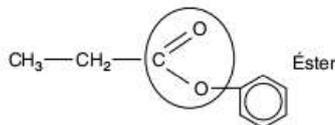
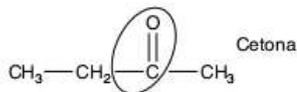
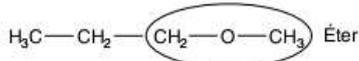
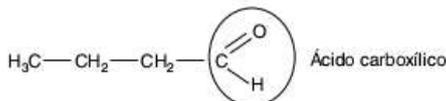
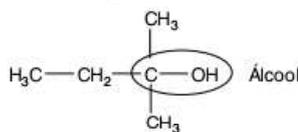
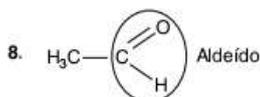
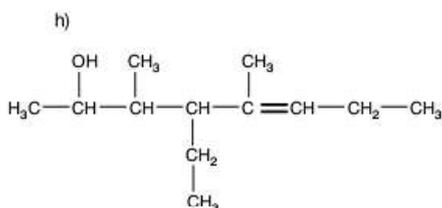
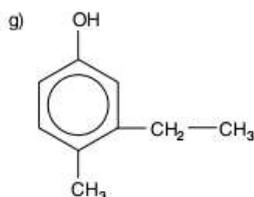
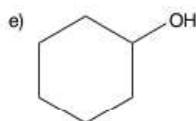
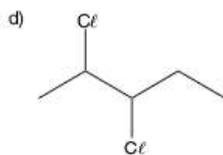
- a) Pent-1-ino
- b) 4,5-dimetil-2-ino
- c) 3,3,4,5-tetrametil-1-ino
- d) 3-etil-1-ino

6.



7. a)





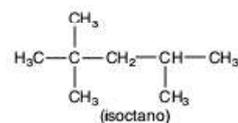
Exercícios propostos

- | | |
|-------|--------|
| 1. A | 26. B |
| 2. D | 27. 03 |
| 3. B | 28. E |
| 4. A | 29. E |
| 5. C | 30. C |
| 6. E | 31. B |
| 7. B | 32. C |
| 8. A | 33. C |
| 9. C | 34. B |
| 10. A | 35. E |
| 11. B | 36. E |
| 12. C | 37. B |
| 13. D | 38. A |
| 14. C | 39. B |
| 15. D | 40. E |
| 16. C | 41. D |
| 17. A | 42. E |
| 18. B | 43. A |
| 19. D | 44. B |
| 20. D | 45. E |
| 21. C | 46. E |
| 22. A | 47. D |
| 23. A | 48. B |
| 24. E | 49. A |
| 25. C | 50. E |

- | | |
|--------|-------|
| 51. D | 71. D |
| 52. C | 72. B |
| 53. D | 73. C |
| 54. B | 74. C |
| 55. E | 75. A |
| 56. A | 76. D |
| 57. A | 77. A |
| 58. A | 78. A |
| 59. A | 79. D |
| 60. B | 80. D |
| 61. B | 81. C |
| 62. D | 82. C |
| 63. D | 83. D |
| 64. C | 84. E |
| 65. A | 85. E |
| 66. D | 86. A |
| 67. E | 87. C |
| 68. B | 88. B |
| 69. 13 | 89. E |
| 70. A | 90. E |

Exercícios complementares

- C
- A
- Série dos hidrocarbonetos alcenos C_nH_{2n} :
 1°: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$
 2°: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$
 3°: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow$ Buteno
- B
- C
- A
- 09
- B
- B
- V; V; V; F; F
- 10
- a) As fórmulas estruturais são:

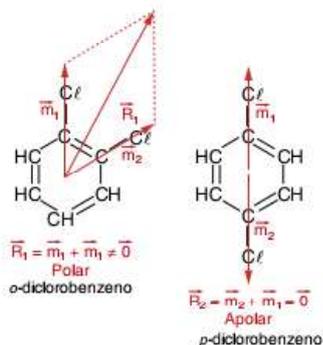


- As equações químicas são:
 $1 \text{ C}_7\text{H}_{16} + 11 \text{ O}_2 \rightarrow 7\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
 heptano
 $1 \text{ C}_8\text{H}_{18} + \frac{25}{2} \text{ O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 9\text{H}_2\text{O}$
 isooctano
 ou
 $2 \text{ C}_8\text{H}_{18} + 25 \text{ O}_2 \rightarrow 16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$
 isooctano
- a) Equação química da reação de trimerização do acetileno para produção do benzeno:
 $3 \text{ HC}\equiv\text{HC} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6$
 (acetileno)
- b) O benzeno é uma molécula apolar que realiza interações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido. Portanto, é amplamente usado como solvente orgânico, já que os compostos orgânicos são predominantemente apolares.
- c) O anel benzênico é mais estável que o do ciclo-hexano em razão do fenômeno de ressonância.

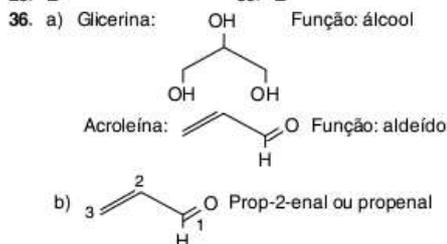
21. a) As fórmulas estruturais são:



- b) Nomes sistemáticos de acordo com a Iupac:
o-diclorobenzeno: 1,2-diclorobenzeno.
p-diclorobenzeno: 1,4-diclorobenzeno.
- c) Analisando esses dois isômeros, quanto maior o vetor momento dipolo elétrico resultante, maior a força intermolecular e maior o ponto de ebulição. Portanto, o *o*-diclorobenzeno tem o maior ponto de ebulição.



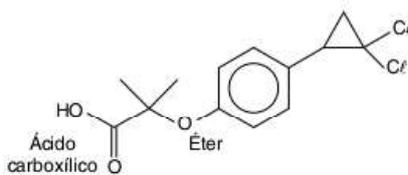
22. A 29. D
 23. D 30. C
 24. B 31. B
 25. D 32. B
 26. D 33. C
 27. A 34. C
 28. E 35. E



37. C
 38. C
 39. D
 40. A
 41. a)
- propanona
- butanona
- 3-pentanona
- 3-hexanona
- b) Pontos de ebulição
 3-hexanona > 3-pentanona > butanona > propanona

42. E
 43. D

44. Ácido carboxílico e éter

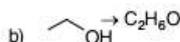


45. A
 46. a) I. Hidrocarboneto:
- II. Ácido carboxílico:

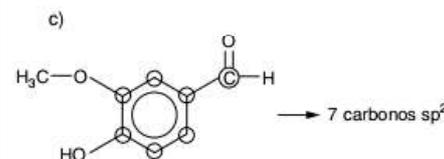
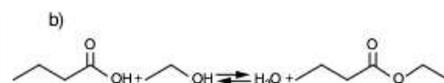
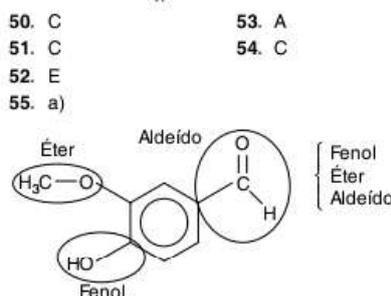
III. Álcool:

IV. Álcool:

V. Éster:

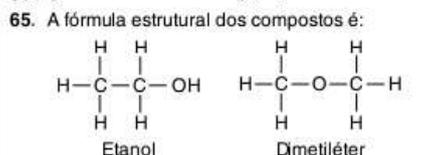


47. C
 48. A
 49.
- A.
- B.
- a) Éster:
- b) Aldeído:
- c) $C_{10}H_{14}O_2$
- d) Cinco (marcados com *)
 $A \rightarrow C_{14}H_{24}O_2$
 $M_A = 14 \cdot 12 + 24 \cdot 1 + 16 \cdot 2 = 224 \text{ g/mol}$
- e) $M_C = 14 \cdot 12 = 168 \text{ g/mol}$
 $\%C = \frac{M_C}{M_A} = \frac{168}{224} = 0,75 = 75\%$



56. a) Álcool (alerta)
- Cetona (luta)
- b) pentan-1-ol
- c)

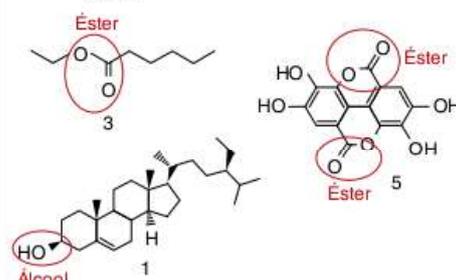
57. C e E 61. B
 58. C 62. B
 59. E 63. B
 60. C 64. B



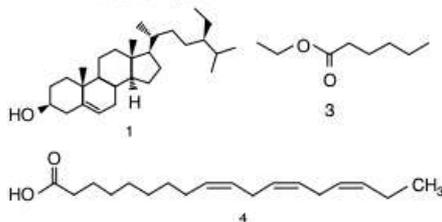
Como se pode ver, o etanol tem um grupamento OH que permite a formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas, o que explica seu ponto de ebulição mais elevado.

66. a) O catecol interage com a água por meio de pontes de hidrogênio, e o benzeno, por meio de ligações dipolo-dipolo induzido, que são menos intensas.
- b) $O_2 \rightarrow M = 32 \text{ u}$
 Apolar
- $\rightarrow M = 32 \text{ u}$
 Apolar
- $\rightarrow M = 110 \text{ u}$
 Polar
- O oxigênio tem baixa massa molecular e é apolar, interagindo por meio de dispersões de London pouco intensas, e, por isso, é gás.
 - O benzeno tem massa molecular mais elevada e é apolar, por isso suas dispersões de London são mais intensas, portanto ele é líquido.
 - O catecol interage por meio de fortes ligações de hidrogênio, por isso é sólido.

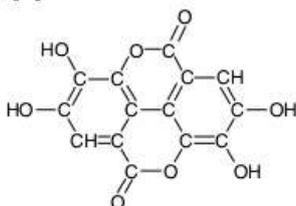
67. 14
 68. B
 69. a) As moléculas que têm a função éster são a 3 e a 5, e a que tem a função álcool é a estrutura 1.



b) As estruturas com cadeias alifáticas são as moléculas 1, 3 e 4.



A fórmula molecular para a substância 5 é $C_{14}H_{16}O_8$.

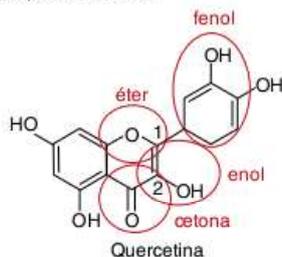


70. C

71. a) A fórmula molecular é $C_{30}H_{30}O_8$.

b) O gossipol apresenta as funções aldeído e fenol.

72. a) As funções químicas oxigenadas são fenol, éter, enol e cetona.



b) A fórmula molecular é $C_{15}H_{10}O_7$.

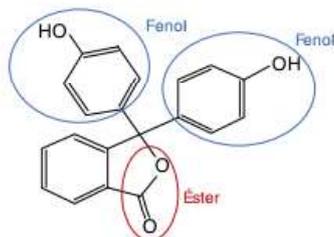
c) A correlação dos carbonos numerados com a classificação segue na tabela:

Carbono	Classificação
C ₁	secundário
C ₂	secundário
C ₃	secundário
C ₄	quaternário
C ₅	primário

d) A correlação dos carbonos numerados com a hibridização segue na tabela:

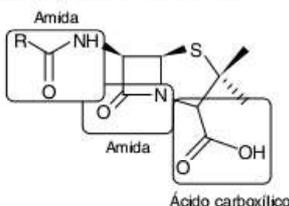
Carbono	Hibridização
C ₁	sp ²
C ₂	sp ²
C ₃	sp ³
C ₄	sp ³
C ₅	sp

73. a) Os nomes dos agrupamentos característicos das funções orgânicas são fenol e éster.

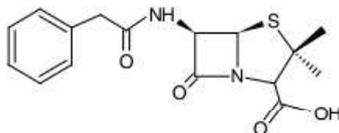


b) O etanol apresenta uma região polar (OH) e outra apolar ($CH_3 - CH_2 -$). Sua parte polar faz ligação de hidrogênio com a região polar da fenoltaleína, e sua parte apolar faz dipolo induzido com a região apolar da fenoltaleína. Já a molécula de água é genuinamente polar, realizando apenas as ligações de hidrogênio com a fenoltaleína. Portanto, em consequência do maior número de interações intermoleculares da fenoltaleína com o álcool, sua solubilidade nesse solvente é maior do que na água.

74. a) As funções orgânicas oxigenadas presentes são ácido carboxílico e amida.



b) Como a estrutura da penicilina G é resultado da substituição do radical R pelo benzil, ela pode ser representada por:

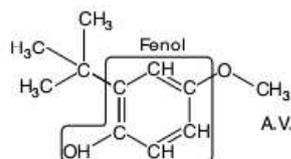
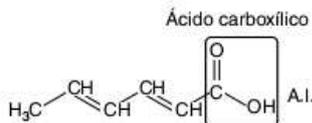


Sua fórmula molecular é $C_{16}H_{18}N_2O_4S$.

75. V; F; F; V; V

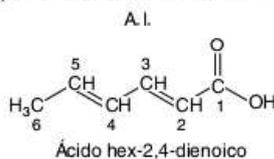
76. C

77. a) Os grupos funcionais são ácido carboxílico e fenol, conforme a figura a seguir:



Num solvente apolar, o aditivo que apresenta maior solubilidade é aquele predominantemente apolar. Esse aditivo é o A.V., pois os dois átomos de oxigênio estão em posição oposta (para) um em relação ao outro e isto diminui o momento dipolo elétrico. Além disso, esse aditivo possui maior número de carbonos.

b) Os alimentos ácidos devem ser aditivados com uma substância de igual característica. Apesar de o fenol também ter caráter ácido, o do ácido carboxílico é mais acentuado, portanto o A.I. é mais aconselhável.



78. E

79. E

80. A

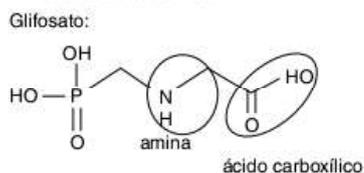
81. D

82. E

83. D

84. A

85. Amina e ácido carboxílico.



86. E

87. A

88. B

89. D

90. C

91. B

92. C

93. C

94. B

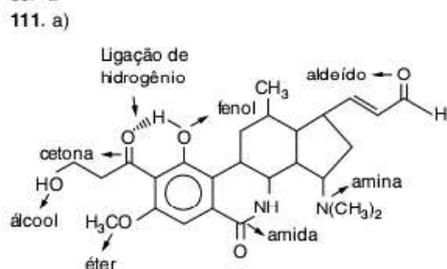
95. D

96. C

97. B

98. D

111. a)



b) Ligação de hidrogênio

112. A

113. A

114. E

115. A

116. B

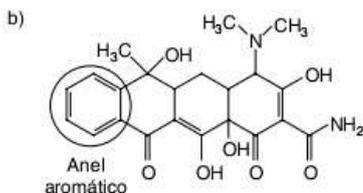
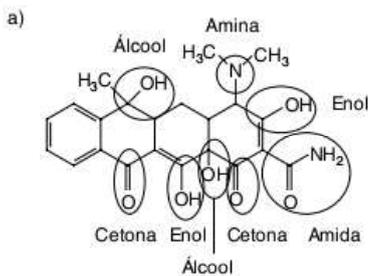
117. D

118. D

119. A

120. D

121.



c) sp²

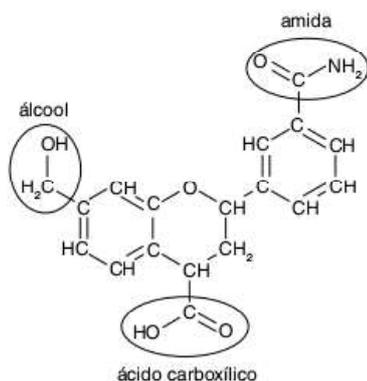
122. Pode ser classificada como insaturada e mista.

A carbonila, na estrutura do cortisol, é referente à função cetona; na estrutura da melatonina, refere-se à função amida.

123. D

124. E

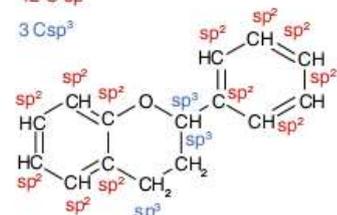
125. Item a: é possível organizar os grupos funcionais álcool, amida e ácido carboxílico da seguinte forma:



Item b: na estrutura, há 12 átomos de carbono com hibridação sp^2 e três com hibridação sp^3 .

12 C sp^2

3 C sp^3



126. C
127. C
128. E

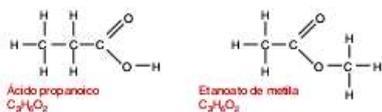
7

Isomeria

Revisando

1. Isômeros são substâncias diferentes que têm a mesma fórmula molecular.

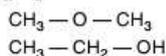
Exemplo:



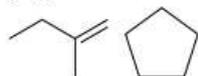
2. A isomeria pode ser dividida em duas principais categorias:

- Isomeria plana ou constitucional: isômeros diferem na conectividade dos átomos (cadeia, posição, metameria, função e tautomeria).
- Isomeria espacial ou estereoisomeria: isômeros têm a mesma conectividade entre os átomos, mas diferem na posição espacial deles (geométrica e óptica).

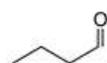
3. 1) a - b



2) c - h



3) f - g



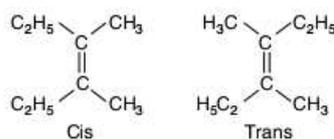
4.

Substâncias	Isomeria
$\text{CH}_3 - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{H}$ e $\text{CH}_2 = \text{CHOH}$	Tautomeria ou isomeria dinâmica (equilíbrio entre duas funções diferentes).
$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ e $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Isomeria de compensação ou metameria (mudança na posição do heteroátomo).
$\text{CH}_3 - \text{OCH}_3$ e $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	Isomeria de função (os compostos apresentam funções orgânicas diferentes).
$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$ e $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$	Isomeria de posição (os compostos apresentam diferença na posição da insaturação).

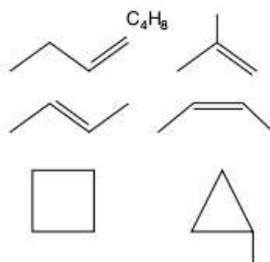
5. a) I. $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
II. $\text{H}_2\text{C} = \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3$
III. $\text{H}_2\text{C} = \text{C} = \text{CH} - \text{CH}_3$
IV. $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$
V. $\begin{matrix} \text{H} - \text{C} = \text{C} - \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{matrix}$

- b) I. But-1-ino
II. But-2-ino
III. Buta-1,2-dieno
IV. Buta-1,3-dieno
V. Ciclobuteno

6. a) Isomeria espacial geométrica.
b) Observe as figuras a seguir:

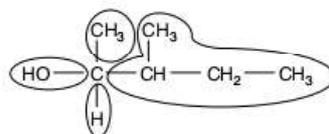


7.

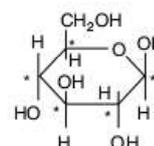
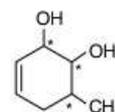
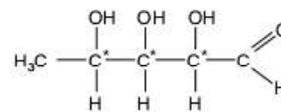
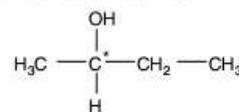


8. Carbono assimétrico, ou quiral, é o carbono que tem quatro ligantes diferentes entre si.

Exemplo:



9. Carbono quiral: os quatro ligantes do carbono são diferentes entre si. Assim:



10.

Composto	Número de isômeros ativos	Número de misturas racêmicas
	$2^2 = 4$	$2^{2-1} = 2$
	$2^5 = 32$	$2^{5-1} = 16$
	2	1

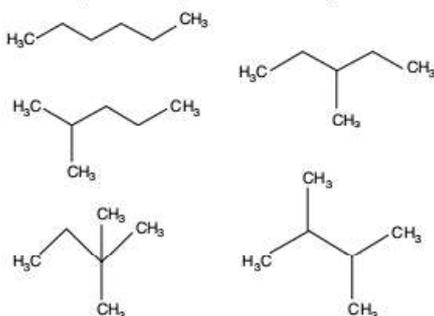
Exercícios propostos

- | | |
|-------|-------------------|
| 1. D | 21. D |
| 2. E | 22. C |
| 3. C | 23. E |
| 4. A | 24. C |
| 5. A | 25. D |
| 6. B | 26. A |
| 7. B | 27. A |
| 8. 20 | 28. C |
| 9. C | 29. B |
| 10. D | 30. B |
| 11. C | 31. B |
| 12. D | 32. C |
| 13. E | 33. B |
| 14. E | 34. A |
| 15. D | 35. A |
| 16. E | 36. B |
| 17. A | 37. B |
| 18. A | 38. B |
| 19. C | 39. B |
| 20. B | 40. F; F; V; V; V |

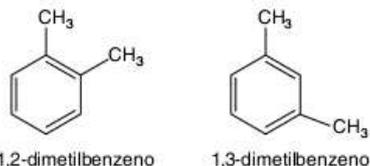
41. D
42. D
43. E
44. B
45. B
46. A
47. 18
48. A
49. A
50. E
51. C
52. D
53. E
54. C
55. E
56. B
57. B
58. E
59. B
60. D

Exercícios complementares

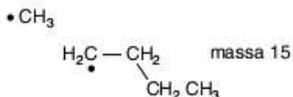
1. D
2. a) Pelos critérios de massa molecular e superfície de contato, é possível colocar os compostos em ordem crescente de pontos de ebulição da seguinte forma:
 $V < IV < III < I < II$
b) O hexano tem um total de cinco isômeros, que estão representados a seguir:



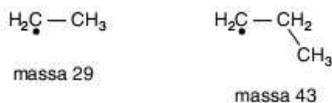
3. a) Biodegradação e adsorção de contaminantes, pois ambos envolvem uma reação química e conseqüentemente a mudança na estrutura da molécula dos reagentes.
b) Nome oficial é 1,2-dimetilbenzeno e 1,3-dimetilbenzeno. As fórmulas estruturais estão representadas a seguir:



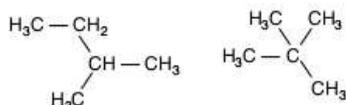
4. a) Como produto da ruptura da ligação entre os carbonos 1 e 2, teremos os seguintes fragmentos:



Como resultado da ruptura da ligação entre os carbonos 2 e 3, teremos:



- b) As duas possibilidades de isômeros da molécula do n-pentano são:



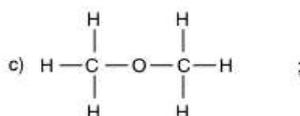
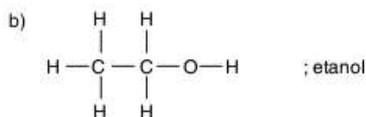
5. C
6. E

7. a) Em 1L de solução aquosa de álcool etílico 37,5%, existem 375 mL de álcool etílico. Densidade do álcool etílico = 0,80 g/mL Massa molar do álcool etílico = 46 g/mol Cálculo da massa de álcool etílico em 1L de solução:

$$d = \frac{m}{V} \therefore 0,80 = \frac{m}{375} \therefore m = 300 \text{ g}$$

Cálculo da concentração molar do álcool etílico:

$$M = \frac{m}{V \cdot \text{Mol}} \therefore M = \frac{300}{1 \cdot 46} = 6,52 \text{ mol/L}^{-1}$$



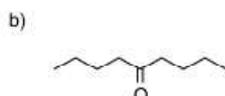
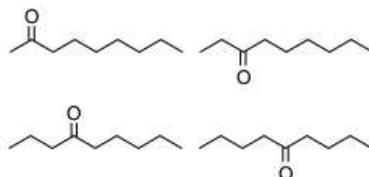
éter dimetilico ou metoximetano



8. C

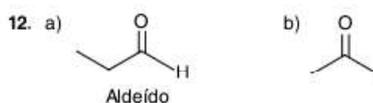
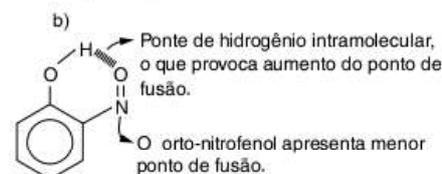
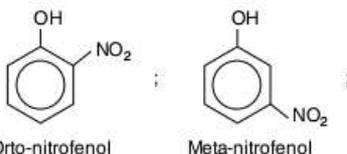
9. B

10. a)

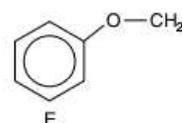
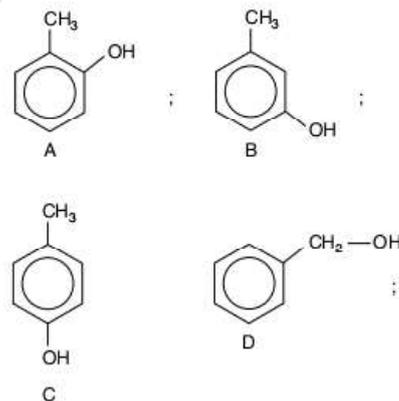


c) Nonan-5-ona e cetona dibutilica.

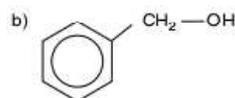
11. a)



- 13.



a) Fenol

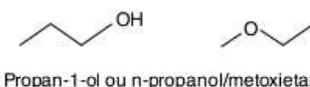


14. E

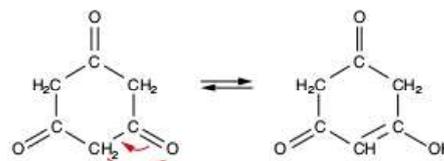
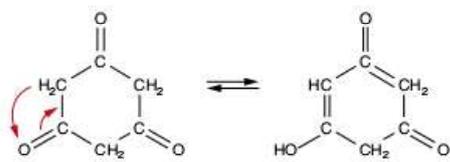
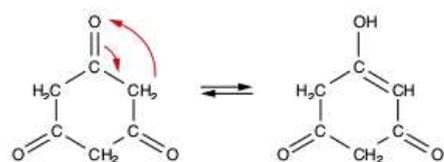
15. B

16. A

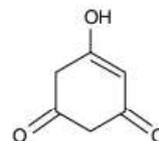
- 20.



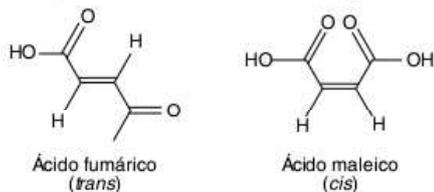
21. a) A tautomeria é um tipo de isomeria que envolve um equilíbrio químico. A seguir, as imagens representam as possibilidades do composto presente no equilíbrio.



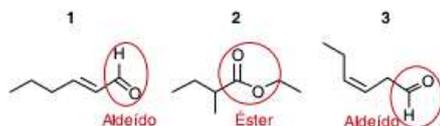
Fórmula do tautômero em bastão:



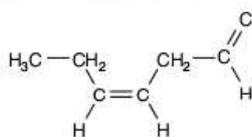
b) As fórmulas estruturais são as seguintes:



22. a) Substância 1: aldeído
Substância 2: éster
Substância 3: aldeído

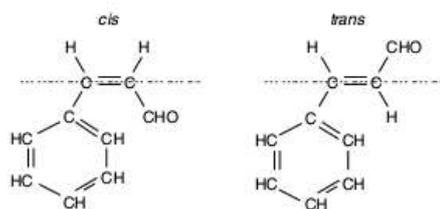


b) A substância 3 é a única em que está representada isomeria geométrica na forma *cis*. Sua fórmula estrutural é:



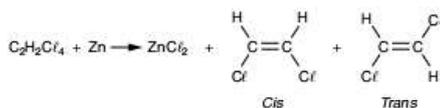
23. D

24. Estruturas isoméricas do 3-fenil-propenal e suas seguintes denominações quanto aos isômeros *cis* e *trans* na figura a seguir:

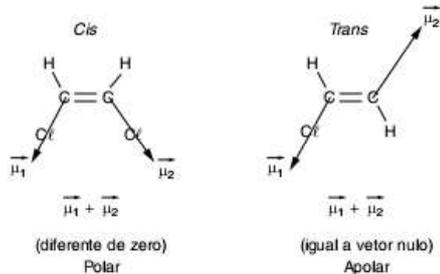


Na forma *cis*, os átomos de hidrogênio estão do mesmo lado do plano; na forma *trans*, estão em lados opostos ao plano.

25. a) Os dois compostos isoméricos formados na reação são do tipo *cis-trans*:



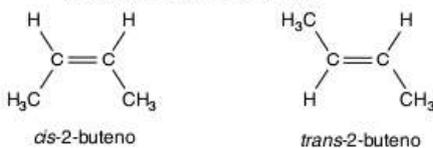
b) Como o ponto de ebulição depende, nesse caso, da interação intermolecular, devemos analisar primeiro a polaridade das moléculas:



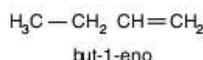
Dessa forma, o isômero *cis* (polar) realiza interação do tipo dipolo permanente e o isômero *trans* (apolar), dipolo induzido. Como a interação dipolo permanente é mais intensa, o isômero *cis* terá o maior ponto de ebulição, possibilitando, então, a separação deles por destilação fracionada.

26. A

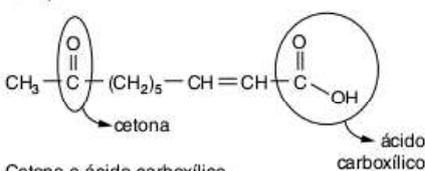
27. a) O alceno de menor massa molecular com isomeria *cis* e *trans* é o 2-buteno.



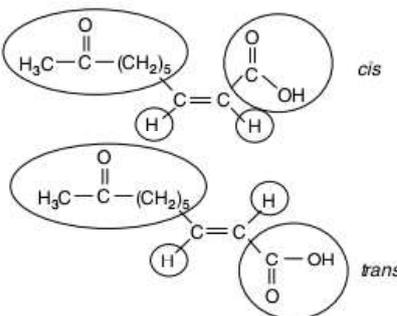
b) Os isômeros constitucionais (isomeria plana) possíveis são:



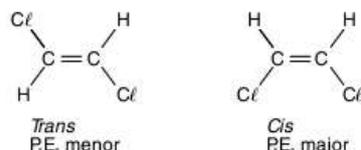
28. a)



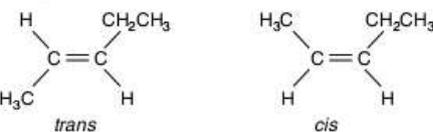
b)



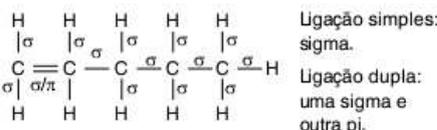
29. C



30. a)



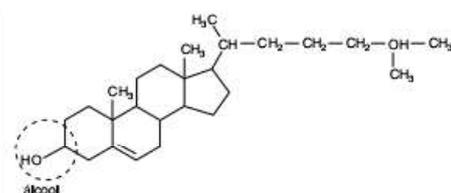
b)



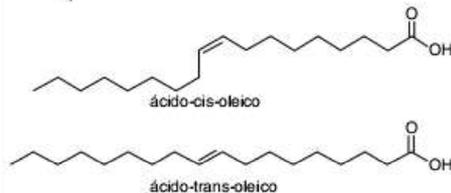
14σ e 1π

31. E

32. a) A molécula do colesterol é praticamente insolúvel em água, pois sua cadeia de carbono e hidrogênio é muito grande, fazendo predominar as interações de London, incompatíveis com as ligações de hidrogênio da água.



b)



33. A

34. C

35. B

36. C

37. D

38. C

39. C

40. C

41. B

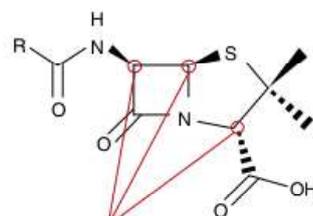
42. B

43. B

44. D

45. E

46. a) Em razão da presença de carbonos quirais na molécula de penicilina, o composto apresenta isomeria óptica.



Carbono quiral ou assimétrico

b) Os grupamentos químicos presentes são amida, tioéter e ácido carboxílico.

47. B

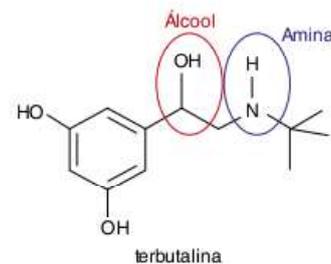
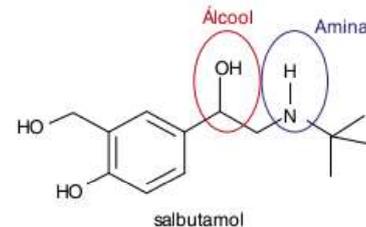
48. A

49. D

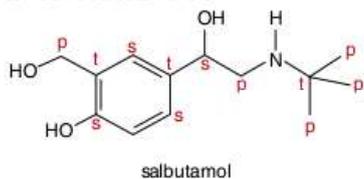
50. B

51. 50

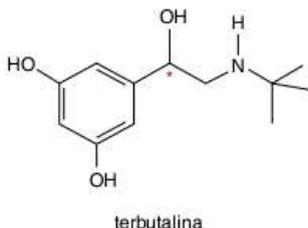
52. As funções orgânicas presentes são álcool e amina.



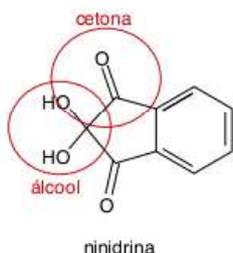
O número de átomos de carbonos terciários presentes no salbutamol é 3:



O número de isômeros ópticos ativos (IOA) da terbutalina pode ser calculado pela fórmula: $2^n = \text{IOA}$ (n = número de carbonos quirais)
Como há apenas um carbono quiral presente, então $2^1 = 2$



53. a) As funções orgânicas presentes são cetona e álcool.

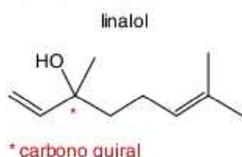


b) O nome do composto é 3-metil-butanal. Esse composto não apresenta isomeria óptica, pois não tem carbono quiral.

54. a)

Substância	Fórmula molecular	Radicais funcionais	Isomeria geométrica
1	$C_{10}H_{12}O_2$	fenol/éter	Não
2	$C_{10}H_{12}O$	éter	Não
3	$C_{10}H_{18}O$	álcool	Sim
4	$C_{10}H_{18}O$	álcool	Não

b) A substância que tem isomeria óptica é o linalol, pela presença de carbono quiral.



55. a) A fórmula molecular do composto é: C_2HF_3Cl/Br ou C_2HBrCl/F_3 .
Cálculo da porcentagem, em massa de flúor, no halotano:

$$C_2HBrCl/F_3 = 200 \text{ g/mol (de acordo com o texto)}$$

$$200 \text{ g} \text{ --- } 100\%$$

$$3 \cdot 19 \text{ g} \text{ --- } p_F$$

$$p_F = \frac{3 \cdot 19 \text{ g} \cdot 100\%}{200 \text{ g}} = 28,5\%$$

b) O halotano não apresenta isomeria geométrica, pois não tem os requisitos para tanto, porém o halotano apresenta isomeria óptica, em razão da presença de carbono quiral.

56. a) Os dois compostos apresentam a fórmula molecular $C_{10}H_{15}ON$ e apresentam isomeria óptica, em função da presença de carbonos quirais em suas moléculas.

b) As funções presentes na testosterona são cetona e álcool.
1 mol de epitestosterona _____ 300 g/mol
 $x \text{ g} \text{ --- } 150 \cdot 10^{-9} \text{ g}$
 $5 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \text{ --- } 1 \text{ mL}$
 $y \text{ mol} \text{ --- } 1.000 \text{ mL}$
 $y = 5 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L}$

Como indicado no enunciado, a razão máxima entre as concentrações de testosterona e epitestosterona é igual a 4, logo:

$$\frac{[\text{testosterona}]}{[\text{epitestosterona}]} = 4$$

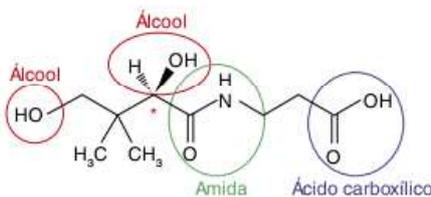
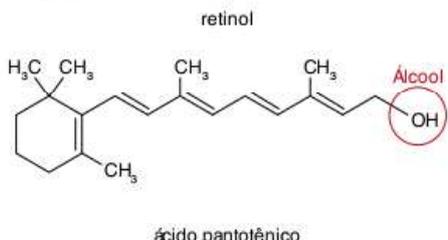
$$\frac{[\text{testosterona}]}{5 \cdot 10^{-7}} = 4$$

$$[\text{testosterona}] = 4 \cdot 5 \cdot 10^{-7} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/L}$$

57. As funções orgânicas presentes em cada vitamina são:

Retinol: álcool.

Ácido pantotênico: álcool, amida e ácido carboxílico.

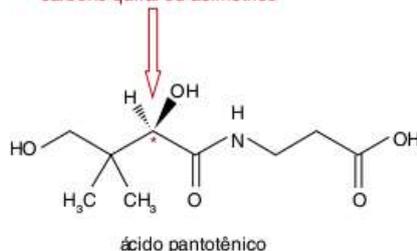


A vitamina B₅ é hidrossolúvel, já que contém grupos que fazem ligações de hidrogênio com a água, como as funções álcool, ácido carboxílico e amida.

A vitamina A é lipossolúvel, pois é predominantemente apolar, então faz ligações do tipo dipolo-induzido com as moléculas de gordura.

A vitamina que tem isomeria óptica é a B₅, em razão da presença de carbono quiral, como indicado na figura a seguir.

* carbono quiral ou assimétrico

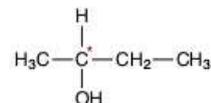


58. O tipo de isomeria espacial que o composto shogaol apresenta é a geométrica, já que tem carbonos insaturados e ligantes diferentes no mesmo carbono.

O tipo de isomeria do gingerol é a óptica, pois apresenta carbono quiral em sua molécula.

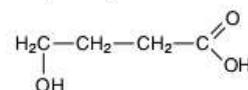
As funções orgânicas oxigenadas ligadas diretamente aos núcleos aromáticos, tanto no shogaol como no gingerol, são éter e fenol.

59. a) Entre as moléculas da tabela, a substância 1 apresenta átomo de carbono quiral.

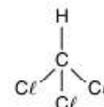


b) A principal característica das substâncias que apresentam isomeria óptica é que um dos isômeros desvia a luz polarizada para a direita e o outro isômero desvia para a esquerda.

60. A molécula de ácido 4-hidroxi-butanoico não tem carbono quiral, pois não apresenta nenhum carbono com quatro ligantes diferentes entre si.



O clorofórmio não tem carbono quiral, pois o carbono apresenta três ligantes iguais entre si.

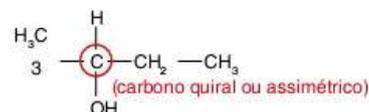


61. a) O tipo de interação que acontece na região hidrofílica é a ligação de hidrogênio.

b) Álcool de quatro carbonos mais solúvel: *terc*-butílico.

Nome lupac: 2-metil-propan-2-ol

A molécula apresenta isômero óptico, pois há presença de carbono quiral.



62. a) Líquidos que apresentam menores pressões de vapor têm forças intermoleculares mais fortes.

O composto 1 faz ligações de hidrogênio, que são mais intensas que as interações do tipo dipolo-dipolo presentes no composto 2. Conclusão:

$$P_{\text{vapor } y} < P_{\text{vapor } x}$$

$$58,6 \text{ kPa} \quad 1,67 \text{ kPa}$$

y = composto 2 (éter etílico)

x = composto 1 (butan-2-ol)

O composto 1 (butan-2-ol) apresenta o grupo OH, que faz ligação de hidrogênio com a água, portanto é mais solúvel que o composto 2.

Conclusão:

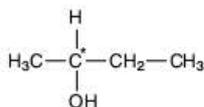
$$\frac{\text{Solubilidade } z}{69 \text{ g/L}} < \frac{\text{Solubilidade } w}{290 \text{ g/L}}$$

z = composto 2 (éter etílico)

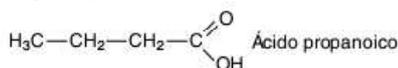
w = composto 1 (butan-2-ol)

b) Os compostos 1 e 2 apresentam isomeria de função, pois têm a mesma fórmula molecular, porém funções diferentes.

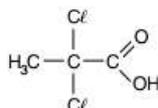
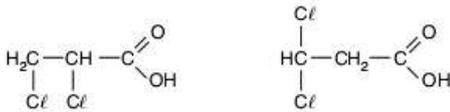
O composto 1 apresenta atividade óptica, em razão da presença de carbono quiral em sua estrutura.



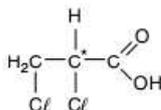
63. a) Teremos:



As possibilidades de isômeros planos do seu derivado dicloro-propanoico são:

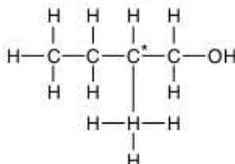


b) A molécula que apresenta isomeria óptica, em razão da presença de carbono quiral, é a seguinte:

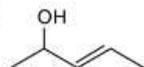


64. A fórmula molecular dessas substâncias é $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$.

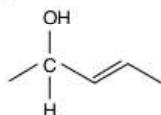
A fórmula estrutural do álcool primário que apresenta carbono assimétrico quiral:



65. a)



b) isomeria óptica – possui um carbono quiral (quatro substituintes diferentes)



Frente 2

4

Ácidos e bases

Revisando

- NaOH
- $\text{KOH}_{(aq)} + \text{HCl}_{(aq)} \rightarrow \text{KCl}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
Neutralização
 - $\text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)} + 2\text{HF}_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2\text{F}^{-}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
Neutralização.
 - $\text{CH}_4(g) + 2\text{O}_2(g) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
Combustão completa
- $$\text{H}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{N}}-\text{O}$$

Exercícios propostos

- C
- B
- B
- $\text{HCl}_{(g)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$
De fato, a ionização existe, e a proporção entre cátions e ânions é de 1:1. Logo, a solução é eletricamente neutra, porém, há a presença de íons livres, que conduzem corrente.
- $\text{H}_2\text{SO}_{4(l)} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{SO}_4^{2-}_{(aq)}$
Com a ionização do ácido, há formação de íons livres que irão conduzir corrente.
Antes da dissolução, é bom lembrar que o ácido não conduz sem água e vice-versa.
- D
- C
- O NaCl é uma substância iônica. Porém, no estado sólido, os íons estão presos, enquanto no líquido, os íons estão livres.
 - Porque o HCl só ioniza na presença de água.
 - O NaCl porque dissocia e o HCl porque ioniza em água.
- A
- $\text{HNO}_3(l) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{NO}_3^-_{(aq)}$. Essa solução possui íons livres.
- D
- E
- Função química é um conjunto de substâncias que apresentam o mesmo grupo funcional e, por isso, as mesmas propriedades químicas, ou pelo menos propriedades químicas semelhantes.
- As principais funções inorgânicas são: ácidos, bases, sais, óxidos.
- Segundo a definição de Arrhenius, ácidos são compostos moleculares que, em solução aquosa, ionizam-se, liberando o cátion H^+ para a formação do íon hidrônio ou hidroxônio (H_3O^+).
- $\text{HCl}_{(g)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$
íons
- Vinagre
 - $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)}$
I II III IV
- A
- A
- C
- $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$
 - $\text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{SO}_3^{2-}_{(aq)}$
 - $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{PO}_4^{3-}_{(aq)}$
 - $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{P}_2\text{O}_7^{4-}_{(aq)}$
 - $\text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HPO}_2^{2-}_{(aq)}$
 - $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{PO}_2^-_{(aq)}$
- $\text{HCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{CN}^-_{(aq)}$
 - $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HS}^-_{(aq)}$
 $\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{S}^{2-}_{(aq)}$
 - $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{BO}_3^-_{(aq)}$
 $\text{H}_2\text{BO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HBO}_3^{2-}_{(aq)}$
 $\text{HBO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{BO}_3^{3-}_{(aq)}$
 - $\text{H}_4\text{As}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{H}_3\text{As}_2\text{O}_7^-_{(aq)}$
 $\text{H}_3\text{As}_2\text{O}_7^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{As}_2\text{O}_7^{2-}_{(aq)}$
 $\text{H}_2\text{As}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HAS}_2\text{O}_7^{3-}_{(aq)}$
 $\text{HAS}_2\text{O}_7^{3-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{As}_2\text{O}_7^{4-}_{(aq)}$
 - $\text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{PO}_3^-_{(aq)}$
 $\text{H}_2\text{PO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HPO}_3^{2-}_{(aq)}$

- D
- A
- C
- B
- D
- D
- D
- E

- ácido (orto) fosfórico
 - ácido fosforoso
 - ácido hipofosforoso
 - ácido cianídrico
 - ácido fluorídrico
- ácido periódico
 - ácido iódico
 - ácido iodoso
 - ácido hipoiódico
- ácido tiosulfúrico
 - ácido antimonioso
 - ácido tiocianico
- A
- $\text{Na}^+\text{OH}^-_{(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$
íons
- hidróxido de sódio
 - hidróxido de alumínio
 - hidróxido de ferro III (ou férrico)
- $\text{Ni}(\text{OH})_{3(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Ni}^{3+}_{(aq)} + 3\text{OH}^-_{(aq)}$
- $\text{CsOH}_{(s)} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Cs}^+_{(aq)} + \text{OH}^-_{(aq)}$

38. Hidróxidos

Damos a palavra hidróxido + de + nome do metal ou radical.

- hidróxido de cromo III
 - hidróxido de estanho II (ou estanoso)
 - hidróxido de platina IV
 - hidróxido de mercúrio II
- E
 - E
 - B
 - C
 - E
 - D e E
 - B
 - C

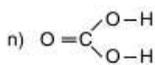
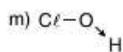
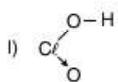
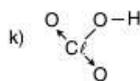
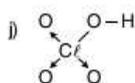
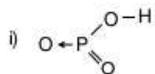
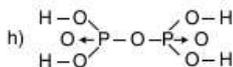
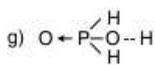
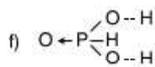
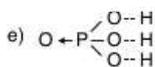
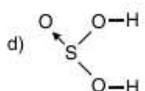
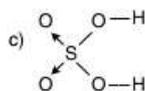
Exercícios complementares

- C
- C
- B
- A
- C
- D
- Íon sulfeto: $16\text{S}^{2-} \Rightarrow 18$ elétrons $\Rightarrow 17\text{Cl}^{1-}$
Ânion: cloreto; béquer "A".
 - Ânion: nitrato $\Rightarrow \text{NO}_3^-$; cátion: Mg^{2+} ; sal: $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
- E
- E
- ácido fluorídrico
 - ácido sulfídrico
 - ácido cianídrico
 - ácido bromídrico
 - ácido iodídrico
- HNO_3
 - H_2SO_4
 - H_3PO_4
 - H_2CO_3
 - HCl
- Apenas um, pois há um H ligado diretamente ao átomo de oxigênio.
- HIO, HBrO₄
 - H_2SO_3 – ácido sulfuroso
 H_3PO_4 – ácido (orto) fosfórico
- B
- D
- C

22. Liquefação e posterior destilação fracionada do ar para obter $N_{2(g)}$
- Eletrólise em solução aquosa de H_2SO_4 para obter $H_{2(g)}$
 - Síntese de Haber-Bosch:

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$
 - $2NH_{3(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 3H_2O_{(l)}$
 - $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$
 - $2NO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow \underset{\text{ácido nítrico}}{HNO_3} + HNO_2$

23. a) H - C l



24. $\alpha_{H_2S} = \frac{1}{10} = 10\%$
 $\alpha_{H_2SO_4} = \frac{2}{3} = 66,7\%$
 $\alpha_{HNO_3} = \frac{8}{10} = 80\%$
 $H_2S < H_2SO_4 < HNO_3$

25. E 30. E
 26. B 31. A
 27. D 32. B
 28. A 33. D
 29. E 34. A

35. C
 36. a) Chá-mate é um indicador ácido-base.
 b) Já que adicionamos um ácido (limão), devemos adicionar uma base, como o desentupidor de pia (soda cáustica).
 37. C 39. A
 38. B 40. B
 41. a) A azia é intensificada pela ação de ácidos ingeridos, como vinagre, suco de laranja, de limão ou de maracujá.
 b) A azia é minimizada com a ingestão de bases, como suco de caju, banana não muito madura e leite de magnésia.

5

Sais e óxidos

Revisando

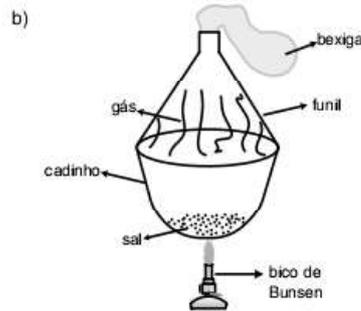
- Hipoclorito de sódio e cloreto de sódio
- Hipoclorito de sódio: sal de fórmula $NaClO$; vinagre: ácido de fórmula $C_2H_4O_2$; bicarbonato de sódio: $NaHCO_3$, é um sal.
- SO_x é um óxido ácido que, ao reagir com água, pode formar um ácido. Ao se adicionar $CaCO_3$, uma base, esse óxido sofre uma reação que será sal e água, o que torna o solo mais apropriado para o plantio.
- D
 Pois ao contrário das outras opções, ele não é um ácido, e sim um sal que pode neutralizar ácidos.
- A acidificação da água do mar ocorreria devido à formação de ácido carbônico e consequente liberação de cátions H^+ no meio:
 $CO_2(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)}$
 Os esqueletos de corais constituídos por carbonato de cálcio ($CaCO_3$) sofreriam graves danos pois o meio ácido reagiria da seguinte maneira:
 $CaCO_{3(s)} + H^+_{(aq)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)}$, provocando a dissolução do carbonato de cálcio.
- Iônico e apresenta fórmula mínima XJ_2 .

Exercícios propostos

- a) Cloreto de potássio - KCl
 Cloreto de hidrogênio - HCl
 $K \downarrow \quad Cl \downarrow \Rightarrow$ ligação iônica
metal ametal
 $H \downarrow \quad Cl \downarrow \Rightarrow$ ligação covalente
hidrogênio ametal
 b) $K^+Cl^-_{(aq)} \xrightarrow{H_2O} K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
 $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$
 c) $KCl \rightarrow$ sal
 $HCl \rightarrow$ ácido
- a) Sulfito de magnésio.
 b) Cloreto de amônio.
- a) $NaCl$.
 b) É um sal e por ser iônico é sólido na temperatura ambiente.
- B
- a) Li_3PO_4
 b) K_2SO_4
 c) $Cu(NO_3)_2$
 d) $BaCO_3$
- $MgSO_4$ - sulfato de magnésio
 $MgSO_3$ - sulfito de magnésio
 $CaSO_4$ - sulfato de cálcio
 $CaSO_3$ - sulfito de cálcio
- a) $H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + 2H_2O$
 20 g de $CaCO_3$
 b) 5

- a) $H_3PO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + H_2O$
 b) (orto) fosfato de cálcio
 c) $2H_3PO_4 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O$
 d)
$$\begin{matrix} Ca_3 & (& PO_4 &)_2 \\ 3 \cdot 40 & + & 2 \cdot 31 & + & 8 \cdot 16 = 120 & + & 62 & + & 128 \\ MF = 310 & u \end{matrix}$$

 e) ligação covalente
- D
- a) H_2SO_4 - ácido sulfúrico
 NH_3 - amônia
 b) $H_2SO_4 + 2NH_3 \rightarrow \underset{\text{sulfato de amônio}}{(NH_4)_2SO_4}$
- a) $KClO_3 \xrightarrow{\Delta} KCl + \frac{3}{2} O_2$
 O gás oxigênio aviva a cabeça do palito de fósforo recém-apagado.
 $2NaHCO_3 \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$
 O CO_2 turva a água de cal ($Ca(OH)_2$), segundo a seguinte equação:
 $CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow \underset{\text{ppt branco}}{CaCO_3} + H_2O$

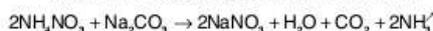


- B 16. E
- C 17. C
- E 18. B
- C
- a) Ácido Fosfórico: H_3PO_4 .
 Hidróxido de Magnésio: $Mg(OH)_2$.
 Fluoreto de Estanho (II): SnF_2
 b) H_3PO_4 - Ácido (sofre ionização e libera H^+ ou H_3O^+ em solução aquosa)
 $H_3PO_{4(aq)} + 3H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 3H_3O^+_{(aq)} + PO_4^{3-}_{(aq)}$ (Hidrônio ou Hidroxônio) + $PO_4^{3-}_{(aq)}$
 $Mg(OH)_2$ - Base ou Hidróxido (sofre dissociação e libera OH^- em solução aquosa)
 $Mg(OH)_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Mg^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$ (Hidroxila)
 SnF_2 - Sal inorgânico (sofre dissociação e libera cátion diferente do H^+ ou H_3O^+ e ânion diferente de OH^- em solução aquosa)
 $SnF_{2(s)} \xrightarrow{H_2O} Sn^{2+}_{(aq)} + 2F^-_{(aq)}$
- C 26. B
- B e D 27. D
- D 28. E
- B 29. C
- C 30. B
- A
- a) $K_2CO_3 + 2HNO_3 \rightarrow 2KNO_3 + H_2CO_3$
 $\xrightarrow{H_2O + CO_2}$
 $KCl + HNO_3 \rightarrow KNO_3 + HCl$
 $K_2SO_4 + HNO_3 \rightarrow$ não reage
 $K_2CO_3 + BaCl_2 \rightarrow 2KCl + BaCO_3 \downarrow$
 $KCl + BaCl_2 \rightarrow$ não reage
 $K_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 \downarrow + 2KCl$

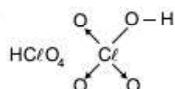
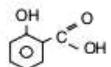
Pelo que podemos observar das equações, o frasco contendo K_2CO_3 é aquele que produz gás no primeiro caso e precipitado no segundo. O frasco contendo KCl é aquele que só produz gás no primeiro caso. O frasco contendo K_2SO_4 é aquele que só produz precipitado no segundo caso.

- b) Vide equações do item a.
32. a) $Na_2CO_3 + 2HNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + \underbrace{H_2CO_3}_{H_2O + CO_2}$
 $Na_2SO_4 + 2HNO_3 \rightarrow$ não reage
 $Na_2CO_3 + BaCl_2 \rightarrow BaCO_3 \downarrow + 2NaCl$
 $Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 \downarrow + 2NaCl$
 As duas substâncias geram precipitado quando reagem com $BaCl_2$, mas somente o Na_2CO_3 produz efervescência quando reage com o HNO_3 .
- b) Vide as equações do item a.
33. $Ca(H_2PO_4)_2 \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+}_{(aq)} + 2H_2PO_4^-_{(aq)}$
 $NaHCO_3 \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + HCO_3^-_{(aq)}$
 A reação entre os ânions é dada por:
 $H_2PO_4^- + HCO_3^- \rightarrow H_2O + CO_2 + HPO_4^{2-}$
34. $2 Na_2HPO_4 + NaH_2PO_4 \rightarrow Na_5P_3O_{10} + 2H_2O$
 Neste caso, basta seguir a orientação do problema e balancear a equação por tentativa.
35. a) $Na_2CO_3 + BaCl_2 \rightarrow \underbrace{BaCO_3 \downarrow}_{ppt\ branco} + 2NaCl$
 b) $BaCO_3 + 2HNO_3 \rightarrow \underbrace{Ba(NO_3)_2}_{sol\ solúvel} + H_2O + CO_2 \uparrow$
36. a) Cálcio, pois é metal e é o elemento mais eletropositivo.
 b) Para substituir um elemento, mantendo as propriedades do composto, deve-se trocá-lo por outro da mesma família da Tabela Periódica. Como o cálcio é da família 2A, poderemos trocá-lo por Mg, Sr ou Ba, por exemplo.
 c) $Ca^{2+}_0 (PO_4)_3^{3-} (OH)_x$. A soma das cargas deve ser nula.
 $Ca^{2+}_0 \Rightarrow +20$
 $(PO_4^{3-})_3 \Rightarrow -18$
 $(OH)^-_x \Rightarrow -x$
 $20 - 18 - x = 0$
 $x = 2$
37. a) Existem várias respostas. Uma das possíveis e mais comuns é:
 $HCl + AgOH \rightarrow \underbrace{AgCl \downarrow}_{sol\ pouco\ solúvel} + H_2O$
 b) $HCl \rightarrow$ ácido clorídrico
 $AgOH \rightarrow$ hidróxido de prata
 $AgCl \rightarrow$ cloreto de prata
38. Toma-se o pó branco e o adiciona à H_2O . Se não houver dissolução, o pó branco só poderá ser o $CaCO_3$, sal insolúvel, como diz o próprio enunciado da questão. Se for solúvel, existem duas possibilidades:
 $NaCl$
 Na_2CO_3
 Neste caso, adiciona-se HCl ao pó branco. Se não produzir efervescência, só pode ser o $NaCl$. Se produzir efervescência, é o Na_2CO_3 .
39. C
40. O primeiro passo é descobrir qual dos pós é o Na_2CO_3 . Para isto, basta acrescentar vinagre a uma porção de cada um dos três pós. O que produzir efervescência é o Na_2CO_3 , segundo a seguinte equação:

$Na_2CO_3 + 2CH_3COOH \rightarrow 2CH_3COO^- Na^+ + H_2O + CO_2 \uparrow$
 Posteriormente, adiciona-se o $Na_2CO_3(aq)$ aos outros dois pós. O que efervesce e produzir cheiro de desinfetante de cozinha, tipo "Veja multiuso", é o NH_4NO_3 , segundo a equação:



41. O ideal é que o sólido formado não seja branco. Com isso há duas opções:
 Umedecer, com algodão, o papel com
 $*2NaI + Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2NaNO_3 + \underbrace{PbI_2 \downarrow}_{sólido\ amarelo}$
 $*Na_2S + Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2NaNO_3 + \underbrace{PbS \downarrow}_{sólido\ preto}$
42. a) De acordo com a tabela:
 $Mg(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow 2NaNO_3 + \underbrace{Mg(OH)_2 \downarrow}_x$
 b) O Zn^{2+} , pois de acordo com as experiências e procedimentos, não precipitará em hipótese alguma. Com isso, estar presente, ou não, não faria a menor diferença nos resultados experimentais.
43. $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$
 $BaCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl \downarrow + Ba(NO_3)_2$
 $KNO_3 + AgNO_3 \rightarrow$ não reage
 portanto, KNO_3 é S_2
 $NaCl + (NH_4)_2CO_3 \rightarrow$ não reage
 $BaCl_2 + (NH_4)_2CO_3 \rightarrow 2NH_4Cl + \underbrace{BaCO_3 \downarrow}_{ppt\ branco}$
 Portanto, $BaCl_2$ é S_1 e $NaCl$ é S_3 .
44. a) $H_3PO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaHPO_4 + 2H_2O$
 b) $H_4P_2O_7 + NH_4OH \rightarrow NH_4H_3P_2O_7 + H_2O$
 c) $H_4P_2O_7 + 3NH_4OH \rightarrow (NH_4)_3HP_2O_7 + 3H_2O$
45. 40
46. a) $MgFe_2O_4$
 b) Na realidade, o composto de fórmula mínima $MgFe_2O_4$ é um minério composto de MgO e Fe_2O_3 , que são óxidos.
47. a) $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$
 b) Porque com a formação do $Ca(OH)_2$, que é uma base, o excesso de ácido no solo é neutralizado.
48. a) Nitrito de sódio
 b) Iodeto de bário
 c) Óxido de cálcio
 d) $2ClO_2 + H_2O \rightarrow HClO_2 + HClO_3$
 - Anidrido cloroso-clórico
 - Dióxido de cloro
 e) Óxido de Alumínio
49. a) Cloreto de potássio
 b) Ácido hipocloroso
 c) Ácido sulfídrico
 d) Ácido iodídrico
 e) Bióxido de manganês
50. D
51. Al_2O_3 - óxido de alumínio
 Cr_2O_3 - óxido de cromo III
52. SO_2 - dióxido de enxofre ou anidrido sulfuroso (óxido)
53. Na realidade, existe um grave erro na questão quando a mesma se refere ao ácido sulfúrico fumegante fixo. Além disso, os bombeiros cometeram um grave erro ao jogar água sobre o ácido puro (ou praticamente puro), pois isto aumenta o seu poder corrosivo. Quanto à cal, ela de fato neutraliza o ácido e seus efeitos, segundo a equação:
 $CaO + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2O$

54. a) O óxido X_2O é básico.
 b) KCl é cloreto de potássio.
55. D
56. a) $2HCl + CaCO_3 \rightarrow CaCl_2 + \underbrace{H_2CO_3}_{H_2O + CO_2}$
 b) Amoníaco (NH_3), pois neutraliza o ácido segundo a equação
 $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$
57. a) Como A é riscado apenas pelo aço, que na escala de dureza proposta é o mais duro, A é o mineral que risca os outros dois. Pelo enunciado do problema, é o $MnO(OH)$. C libera gás na reação com ácidos, e por isso deve ser um carbonato. Portanto, C é o $CaCO_3$ e B é o $SrSO_4$.
 b) O $CaCO_3$, pois somente os carbonatos reagem com ácidos produzindo gás (CO_2).
58. a) $CaC_2 [C \equiv C]^{2-} Ca^{2+}$
 b) 
 c) 
 d) $CH_3 - \underset{OH}{\underset{|}{C}} - CH_3$
59. a) $K_2O + H_2O \rightarrow 2KOH$
 $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$
 b) $K_2O \rightarrow$ óxido básico
 $SO_3 \rightarrow$ óxido ácido
 c) $2KOH + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2O$
60. a) Porque ocorre a decomposição $H_2O_2 \rightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2$, com liberação rápida de gás oxigênio em pequenas bolhas.
 b) Vide item a.
61. F; V; F; V; F
62. E
63. a) Tudo depende da densidade do CO_2 em relação à densidade do ar. Veja:

$$\frac{d_{CO_2}}{d_{ar}} = \frac{\frac{PM_{CO_2}}{RT}}{\frac{PM_{ar}}{RT}} = \frac{44}{28,9} > 1$$

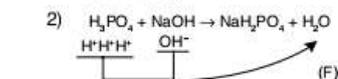
 Logo, $d_{CO_2} > d_{ar}$. Portanto, o ideal é transportá-lo da maneira I, pois o CO_2 não sairá por cima.
 b) Poderia ser:
 $HCl + NaHCO_3 \rightarrow NaCl + \underbrace{H_2CO_3}_{H_2O + CO_2}$
64. B
 65. D
 66. E
 67. a) 15 minutos
 b) K_2O e K_2O_2
68. C
 69. D
 70. E
 71. D

Exercícios complementares

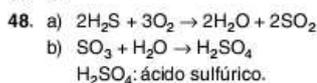
- | | |
|------|-------|
| 1. C | 8. D |
| 2. B | 9. B |
| 3. C | 10. E |
| 4. D | 11. A |
| 5. D | 12. C |
| 6. E | 13. A |
| 7. D | 14. B |

15. a) $2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 b) $\text{H}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 4\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow (\text{NH}_4)_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + 4\text{H}_2\text{O}$
 c) $3\text{H}_2\text{S} + 2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$
 16. a) $\text{Na}^+(\text{HCO}_3)^- \rightarrow \text{NaHCO}_3$
 $\text{Fe}^{3+}(\text{SO}_4)^{2-} \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
 b) $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow$ nitrito de amônio
 $\text{PbI}_2 \rightarrow$ iodeto de chumbo II (ou plumboso)

17. B 24. E
 18. E 25. D
 19. D 26. C
 20. B 27. A
 21. C 28. A
 22. A 29. C



31. E 40. E
 32. E 41. B
 33. A 42. B
 34. B 43. D
 35. E 44. B
 36. E 45. A
 37. B 46. D
 38. B 47. A
 39. C



49. C 52. A
 50. E 53. B
 51. E

54. a) Caráter anfótero significa capacidade de reagir com ácidos ou bases.
 b) O óxido de cálcio é um óxido básico. Observe:
 $\text{CaO}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_{2(aq)}$
 ou
 $\text{CaO}_{(s)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

55. E 59. A
 56. E 60. A
 57. 65 61. B
 58. C 62. A

Revisando

1. 40,0 milimol/L
 2. $2,8 \cdot 10^{-2}$
 3. 3,7
 4. 700
 5. 20 mL
 6. $0,6 \text{ mol L}^{-1}$

Exercícios propostos

1. a) 300 g de H_2O
 b) Solução Saturada: $m_A = 10 \text{ g}$
 Solução Insaturada: $m_A < 10 \text{ g}$
 2. 37
 3. a) Falsa, pois somente as curvas de solubilidade crescentes é que apresentam dissolução endotérmica.
 b) Verdadeira, como se pode observar na curva de solubilidade.

4. a) 80 g
 b) 60 g
 5. B
 6. a) $T = 80^\circ\text{C}$
 b) 80 g
 7. a) $C = 360 \text{ g/L}$ (dos dados fornecidos)
 b) 40 L de água do mar

8. D 11. B
 9. D 12. E
 10. E 13. D
 14. a) 175,5 kg
 b) 7,1 kg de Cl_2
 15. 68
 16. $\rho = 0,06 \text{ mol/L}$
 17. $\rho = 1,58 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$
 18. $\rho = 0,03 \text{ mol/L}$
 19. 52 g

20. A 29. B
 21. F; F; V 30. C
 22. C 31. A
 23. C 32. E
 24. C 33. B
 25. E 34. A
 26. C 35. A
 27. C 36. C
 28. A 37. A

38. a) 2 g
 b) $0,0125 \text{ mol/L}$
 c) 0,4%
 39. a) 500 L
 b) 100g
 c) Porque a água que evapora do mar é isenta de soluto.

40. 50 mL
 41. E
 42. E
 43. $V = 0,025 \text{ L}$ ou 25 mL
 44. a) $\tau = 2,1\%$, as especificações são válidas.
 b) A titulação geralmente utiliza bureta e erlenmeyer.

45. E 48. C
 46. B 49. B
 47. B 50. E
 51. a) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$
 b) 14,0 M; 8,93 mL \approx 9,0 mL
 52. C 55. D
 53. B 56. B
 54. D

Exercícios complementares

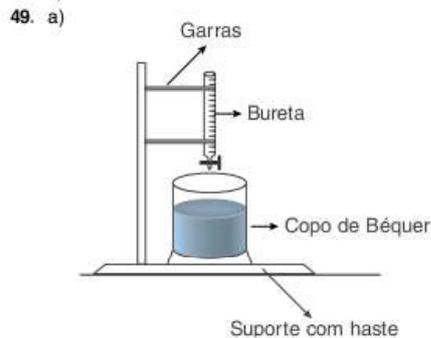
1. B 14. C
 2. A 15. C
 3. A 16. B
 4. C 17. E
 5. D 18. A
 6. D 19. C
 7. C 20. C
 8. D 21. C
 9. B 22. B
 10. A 23. C
 11. B 24. D
 12. C 25. E
 13. E

26. a) $Q = 1000 \text{ t FP}$ ou $Q = C M V \text{ t}$
 b) $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$
 c) O estado de oxidação do cobre seria +2:
 $(\text{Cu}^{2+})_2(\text{OH}^+)_3\text{Cl}^1$

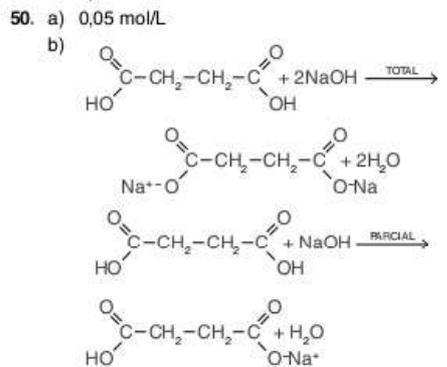
27. C 30. D
 28. A 31. C
 29. D 32. C
 33. A

34. 0,55 mol/L
 35. D
 36. D
 37. a) 0,080 mol/L
 b) 1,344 L
 38. B 43. D
 39. E 44. 15
 40. B 45. B
 41. C 46. A
 42. E

47. a) 0,024 mol/L
 b) $6,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
 $2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
 48. a) O meio será básico.
 b) $0,025 \text{ mol/L}$ (base)
 c) 7



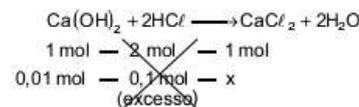
- b) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$
 3,99%



- c) 20 mL
 51. a) Cálculo do número de mols de $\text{Ca}(\text{OH})_2$:
 1 mol $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — 74 g
 n mol $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — 0,74 g
 $n(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 0,01 \text{ mol}$

Cálculo do número de mols de HCl :
 $[\text{HCl}] = 1 \text{ mol/L} = 1 \text{ mol}/1.000 \text{ mL}$
 1 mol de HCl — 1.000 mL
 n mol de HCl — 100 mL
 $n(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol}$

Reação de neutralização:



$x = 0,01 \text{ mol}$ de CaCl_2 .
 A quantidade máxima de cloreto de cálcio, em mol, que pode ser obtida é de 0,01 mol.

- b) De acordo com o conceito de Arrhenius, as bases são substâncias que sofrem dissociação iônica em solução aquosa liberando um único tipo de íon negativo, o ânion hidróxido (OH⁻), também conhecido como hidroxila ou oxidrila quando está representado na fórmula da base.
52. B 55. D
53. C 56. D
54. C 57. A
58. [Ba²⁺] = 0,5 mol/L
[C⁻] = 0,6 mol/L
[NO₃⁻] = 0,4 mol/L
59. a) 2HCℓ + Ca(OH)₂ → CaCℓ₂ + 2H₂O
O meio será alcalino.
b) 0,1 mol/L
60. E
61. B
62. D
63. a) Como a proporção de ácido para base é de 1 para 2, teremos:
H₂C₂O₄ + 2NaOH → Na₂C₂O₄ + 2H₂O
ácido — base
1 mol — 2 mol
- $$n_{(\text{NaOH})} = \frac{M}{V} \Rightarrow M = \frac{n}{V} \Rightarrow 0,500 = \frac{n}{16,0 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow n = 0,008 \text{ mol}$$
- Ácido oxálico — base
1 mol — 2 mol
0,004 mol — 0,008 mol
- Então:
- $$n_{(\text{oxálico})} = \frac{M}{V} \Rightarrow M = \frac{n}{V} \Rightarrow M = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3}} = 0,16 \text{ mol/L}$$
- Molaridade = $\frac{\text{massa}}{\text{M. Volume}}$
0,16M = $\frac{5,04 \text{ g}}{\text{M. } 0,250 \text{ L}} \Rightarrow M = 126 \text{ g/mol}$
- b) H₂C₂O₄ · xH₂O
126 = (2 + 2 · 12 + 4 · 16) + x · 18 ⇒ x = 2
A fórmula será dada por: H₂C₂O₄ · 2H₂O

Frente 3

4

Cinética química

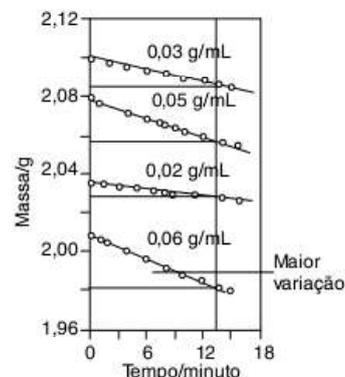
Revisando

1. $v = 0,04 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{min}}$
2. a) O iodo é reagente dessa reação, pois sua concentração diminuiu com o tempo.
b1) $v = 1,40 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$
b2) $v = 0,55 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$
b3) $v = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$
3. a) ΔH = -22 kcal
b) ΔH = +22 kcal
c) 80 kcal
d) 102 kcal
4. $v = k[A] \cdot [B]^2$
5. A reação se processou mais rapidamente no experimento 2, pois o zinco está em pó (maior superfície de contato), a concentração do ácido é maior (maior número de choques) e a temperatura é mais alta (maior número de choques efetivos).
6. $v = k[\text{HBr}] \cdot [\text{O}_2]$

Exercícios propostos

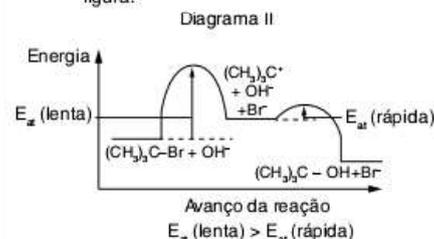
1. C 6. B
2. E 7. A
3. C 8. A
4. D 9. B
5. E
10. a) HCℓ_(aq) + NaOH_(aq) → NaCℓ_(aq) + H₂O_(l)
M_A = 0,174 mol/L
b) $v_m = 4 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} \cdot \text{s}$
A velocidade média da reação diminui com o tempo, pois, à medida que a reação ocorre, a concentração dos reagentes diminui.
11. 24,4 g/min
12. 29
13. a) e b)
- | Tempo/s | 0 | 100 | 200 |
|--|-----|-----|-----|
| $\frac{[i - P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$ | 0,0 | 1,8 | 2,0 |
| $\frac{[PA^-]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$ | 0,0 | 6,8 | 7,7 |
| $\frac{[P]}{10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$ | 9,7 | 1,1 | 0,0 |
- c) De acordo com as curvas mostradas no gráfico, tomando-se o mesmo intervalo de tempo, verifica-se que ocorre formação de maior número de mols de PA⁻, conseqüentemente, a reação de hidrólise ocorre com maior velocidade.
14. A
15. C
16. B
17. A etapa lenta é a etapa que vai de II a III, pois é a que apresenta a maior energia de ativação.
18. 10
19. $v = k [\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}]$
20. B
21. a) Correto. A concentração dos reagentes e a temperatura são fatores que afetam a velocidade de uma reação química, pois, para ocorrer uma reação, é necessário que as moléculas dos reagentes se aproximem de modo que seus átomos possam ser trocados ou rearranjados na estrutura molecular.
b) Incorreto. Corresponde a uma reação de primeira ordem.
22. D
23. E
24. C
25. D
26. a) $v = k[\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$
b) $k = 1,23$
c) $v_i = 0,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
27. D
28. C
29. a)
- | Experimento | Velocidade da reação (mol L ⁻¹ s ⁻¹) |
|-------------|---|
| 1 | 5 · 10 ⁻⁵ |
| 2 | 1 · 10 ⁻⁴ |
| 3 | 1 · 10 ⁻⁴ |
| 4 | 5 · 10 ⁻⁵ |
- b) Comparando-se os dados dos experimentos 1 e 4, nota-se que, variando apenas a concentração inicial de Br₂, a velocidade da reação não se altera. Conclui-se, então, que a velocidade da reação independe da concentração de Br₂.

30. D
31. 5
32. a) Observa-se no gráfico que a maior variação de massa ocorre para a concentração de 0,06 g/mL de iodo. Conseqüentemente, a reação mais rápida ocorre nesta concentração.



- Analogamente, a reação mais lenta é observada na concentração de 0,02 g/mL, em que se encontra menor variação de massa e o número de colisões efetivas é menor.
- b) Variação de massa = 2,08 g - 2,06 g = 0,02 g
Velocidade = $\frac{0,02 \text{ g}}{12 \text{ min}} = 0,00167 \text{ g/min}$

- c) Neste caso, temos a atração do tipo dipolo induzido, que se deve à dispersão instantânea dos elétrons (nuvem eletrônica).
33. D
34. 1) A velocidade da reação depende da concentração de (CH₃)₃C - Br.
2) A) O diagrama correto é o II.
B) A energia de ativação da etapa lenta é maior do que a da etapa rápida. Observe a figura:

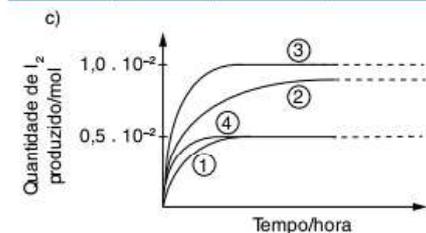


35. E 37. D
36. D 38. A
39. a) O experimento do tubo II é o que ocorre com menor tempo. Neste tubo a concentração do ácido é maior e temos maior superfície de contato entre os reagentes.
b) Cálculo da quantidade de mol de ácido clorídrico que reage:
- $$1 \text{ mol Zn} \rightarrow 2 \text{ mol HCℓ} \quad \left. \vphantom{1 \text{ mol Zn}} \right\} n = 10^{-2} \text{ mol HCℓ}$$
- $$5 \cdot 10^{-3} \text{ mol Zn} \rightarrow n$$
- Cálculo da quantidade de mol total de ácido clorídrico:
- $$\eta_T = \frac{\eta_T}{V} \therefore \eta_T = \eta_T V \therefore \eta_T = 4 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$$
- $$\eta_T = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol HCℓ}$$
- Quantidade de mol de HCℓ em excesso:
- $$\eta_{\text{exc}} = \eta_T - \eta_{\text{exc}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mol HCℓ}$$
- $$\eta = \frac{\eta_{\text{exc}}}{V_{\text{exc}}} \Rightarrow 4 = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{V_{\text{exc}}} \therefore V_{\text{exc}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ L HCℓ}$$
- $$\therefore V_{\text{exc}} = 1,5 \text{ mL HCℓ}$$

40. 15
 41. D
 42. B
 43. D
 44. a) $2KI + 1K_2S_2O_8 \rightarrow 2K_2SO_4 + I_2$
 Equação iônica da reação:
 $2I^- + S_2O_8^{2-} \rightarrow 2SO_4^{2-} + I_2$

b)

Experiência	Volume (mL) de		Água
	Solução estoque de iodeto de potássio	Solução estoque de persulfato de potássio	
1	25 mL	25 mL	950 mL
2	50 mL	25 mL	925 mL
3	50 mL	50 mL	900 mL
4	25 mL	25 mL	950 mL

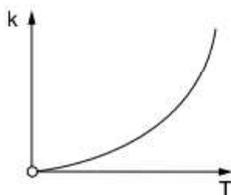


- 1) Temperatura menor e menor concentração.
 2) $[I^-]$ $[S_2O_8^{2-}] >$ experiência 1 e 4 e menor do que na experiência 3.
 3) $[I^-]$ $[S_2O_8^{2-}]$ é maior.
 4) A temperatura é maior.
45. C
 46. D
 47. C
 48. C
 49. D
 50. D
 51. a) $E_a = 10 \text{ kcal/mol}$.
 b) $\Delta E = -20 \text{ kcal/mol}$.
 52. C
 53. C
 54. E
 55. 22
 56. E
 57. 11
 58. V; F; F; V; V.
 59. a) O níquel de Raney atua como catalisador na reação de hidrogenação de dextrose.
 b) O catalisador (níquel de Raney) diminui a energia de ativação, consequentemente, a velocidade da reação aumenta.
 60. E
 61. B
 62. B
 63. C
 64. a) A etapa determinante da velocidade da reação é a etapa lenta. Portanto, etapa I.
 b) $v = k[HOOH][I^-]$
 65. C
 66. $\Delta t = 0,4 \text{ min}$.
 Não há alteração do valor numérico da constante de equilíbrio, já que o efeito do catalisador seria apenas sobre a velocidade do processo, não afetando o equilíbrio.

Texto complementar

Exercício desafio

- a) Pela equação de Arrhenius, que é dada por $k = A \cdot e^{-E_a/RT}$, verifica-se que a variação de k com a temperatura é uma exponencial crescente, cujo esboço é:



- b) Aplicando-se ln em ambos os membros da equação de Arrhenius, temos:
 $\ln k = \ln(A \cdot e^{-E_a/RT}) \Rightarrow \ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$
 O gráfico $\ln k \times \frac{1}{T}$ é uma reta cujo coeficiente angular (tg θ) vale $-\frac{E_a}{R}$.

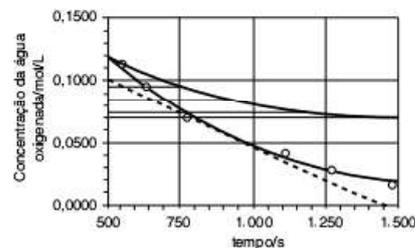
Equacionando: $\text{tg } \theta = -\frac{E_a}{R}$, em que tg θ e R são conhecidos. Determina-se então o valor de E_a .

- c) Mede-se a velocidade da reação (v_0) para reagentes e catalisador em determinadas concentrações. Dobra-se a concentração de um dos reagentes ou catalisador, mantendo outras concentrações constantes e medindo novamente a velocidade (v_1). Com isso, $\frac{v_1}{v_0} = 2^\alpha$, em que α é a ordem do reagente ou catalisador, cuja concentração foi modificada. Repete-se o mesmo procedimento para os outros reagentes e para o catalisador, determinando as demais ordens. A ordem global da reação será dada pela soma das ordens de cada componente.

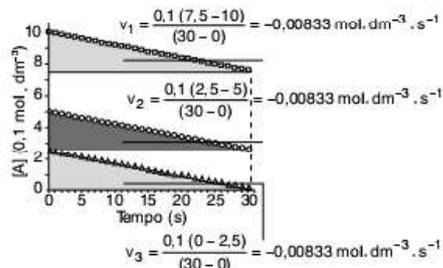
Exercícios complementares

- A
- A
- a) $x = 14.500 \text{ kJ}$
 b) $V = 250 \text{ L}$
 c) $0,4 \text{ mol/min}$
- 15 g
- B
- A
- $1,25 \cdot 10^{-2} \text{ mMol/L.s}$
- a) 10 ppm/ano
 b) $m = 2 \cdot 10^{18} \text{ g de CO}_2 = 2 \cdot 10^{15} \text{ kg de CO}_2$
- $1,08 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{min}^{-1}$
 O número de oxidação do carbono primário é +3.
- C
- B
- a) $0,5 \text{ mol/L} \cdot \text{min}$
 b) $[HI]_{\text{após } 10 \text{ min.}} = 10 \text{ mol/L}$
- O estágio I apresenta a maior velocidade instantânea, que é indicada pelo ângulo de inclinação de uma reta tangente ao ponto, ou seja, quanto maior o ângulo de inclinação, maior a velocidade instantânea da reação.
- C
- a) $5,26 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.
 b) A inclinação da reta tangente à curva diminui à medida que a reação química avança, ou seja, a velocidade da reação diminui com o tempo.

- c) Com a diminuição da quantidade de catalisador, a velocidade de decomposição da água oxigenada diminui. A reação ocorre em um intervalo de tempo maior e a curva se torna menos inclinada, como mostra o gráfico a seguir:



16. a) 20 g/min
 b) A equação de Arrhenius é dada por: $K = A \cdot e^{-x}$, em que $x = E_a/RT$. Quando a temperatura aumenta, E_a/RT diminui. Logo, K aumenta. Como $v = k[\text{reagentes}]$, concluímos que a velocidade da reação aumenta.
17. D
 18. D
 19. C
 20. B
 21. C
 22. D
 23. C
 24. E
 25. A
 26. a) Ordem de reação em relação ao NO: 2.
 Ordem de reação em relação ao Br₂: 1.
 b) $K = 1,2 \cdot 10^4 \text{ L}^2 \text{ mol}^{-2} \text{ s}^{-1}$
27. C
 28. a) A partir do gráfico, calcula-se a velocidade dos experimentos 1, 2 e 3.



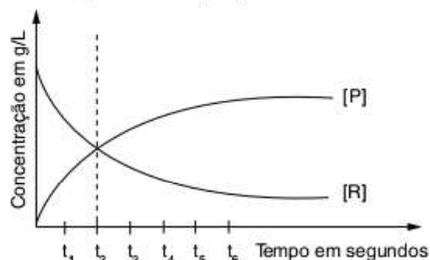
- Como a velocidade é constante ($0,00833 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$), temos que $v = k[A]^0 \Rightarrow v = k$. A ordem em relação à espécie A é zero.
- b) $8,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$
29. a) $a = 1$
 $b = 2$
 b) $k = \text{torr}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
30. C
 31. D
 32. A
 33. C
 34. C
 35. E
 36. A
 37. C
 38. A
 39. C
 40. C
 41. C
 42. E

43. a) $O_3 + Cl^* \rightarrow O_2 + Cl^*O^*$ (primeira etapa)
 $Cl^*O^* + O_3 \rightarrow 2O_2 + Cl^*$ (segunda etapa)
 Somando as duas equações, temos a global:
 $2O_3 \rightarrow 3O_2$
 O produto formado é o gás oxigênio.
 b) O Cl^* é o catalisador, pois é consumido na 1ª etapa e regenerado na 2ª etapa do processo.

44. C
 45. A
 46. C
 47. A
 48. D
 49. E
 50. B
 51. B
 52. B

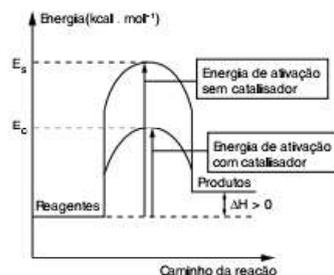
53. a) A variação da entalpia da reação é $-67,7$ kcal, logo, a reação é exotérmica.
 b) O catalisador automotivo tem a função de acelerar as reações químicas. Isso acontece porque o catalisador altera o mecanismo da reação de modo que a energia de ativação da reação com esse novo mecanismo seja menor que a energia de ativação da reação sem o catalisador.
 A entalpia de uma reação não depende do mecanismo pelo qual ela ocorre, somente do estado inicial e final. Sendo assim, o catalisador não interfere na variação da entalpia.
 c) O gás carbônico é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa, um importante processo para manter as condições de vida na Terra. O excesso desse gás na atmosfera pode potencializar o efeito estufa, intensificando o aquecimento global e trazendo diversas consequências climáticas. Para minimizar a liberação de CO_2 , pode-se diminuir a queima de combustíveis fósseis, incentivar o uso de combustíveis alternativos, além de aumentar as áreas verdes, responsáveis pelo consumo desse gás, com liberação de gás.

54. a) $t = 2$ s
 b) Com a adição do catalisador, o instante em que as concentrações dos reagentes e produtos se igualam é menor do que 2 s, ou seja, menor do que t_2 .

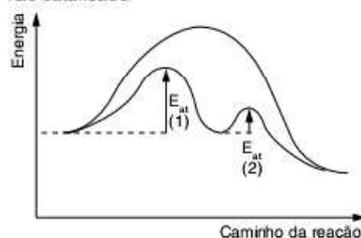


55. a) $NO_{2(g)} + CO_{(g)} \rightarrow NO_{(g)} + CO_{2(g)}$
 $v = k [NO_2]^2$
 b) I: Falsa. A reação é exotérmica.
 II: Falsa. O catalisador não altera a quantidade de gás carbônico. Ele apenas diminui a energia de ativação.
 56. a) A energia de ativação não depende da concentração dos reagentes, ou seja, o aumento da concentração dos reagentes não implica na diminuição do valor da energia de ativação.

- b) A variação da energia (kcal . mol⁻¹) como função do caminho da reação, considerando o processo sem catalisador e com catalisador, pode ser representada conforme o gráfico seguir:



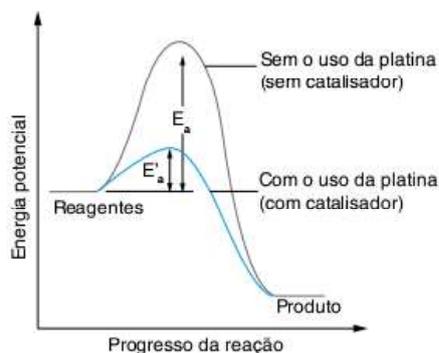
57. D
 58. Como o mecanismo na presença do catalisador ocorre em duas etapas, a mais lenta é a que possui maior energia de ativação, que deve ser menor do que a energia de ativação do processo não catalisado.



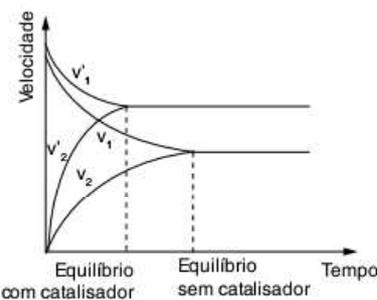
59. B
 60. a) Conversão de amônia em ácido nítrico:
 $NH_3 \rightarrow HNO_3$
 $-3 \xrightarrow{\text{oxidação}} +5$

A primeira etapa do processo de Ostwald é exotérmica, pois a energia potencial dos produtos é inferior à dos reagentes.

- b) A platina diminui a energia de ativação do sistema, ou seja, funciona como catalisador.



61.



62. D
 63. E

64. E
 65. B
 66. a) Dado o caminho da reação, propõe-se o seguinte mecanismo:
 $A + B \rightarrow C$
 $C \rightarrow D + E$
 cuja reação global é: $A + B \rightarrow D + E$
 b) A etapa lenta do processo é evidenciada no gráfico por apresentar a maior energia de ativação.
 Assim, a etapa lenta é $C \rightarrow D + E$.
 Logo, a lei de velocidade da reação é determinada pela etapa lenta. Portanto, $v = k[C]$.
67. B

5 Equilíbrios químicos I

Revisando

- $2A_{(g)} + 4B_{(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}C_{(g)} + 5D_{(g)}$
- 4
- a) O aumento da temperatura favorece a formação de SO_2 .
 b) O equilíbrio se deslocará para a esquerda.
 c) O equilíbrio se deslocará para a direita.
 d) Não haverá deslocamento do equilíbrio, ele apenas será atingido mais rapidamente.
 e) Não haverá deslocamento do equilíbrio, pois não há alteração nas pressões parciais dos componentes.
- A
- a) 1.10^{-5}
 b) Como não houve alteração na temperatura, volume ou pressão, a constante de ionização é a mesma.

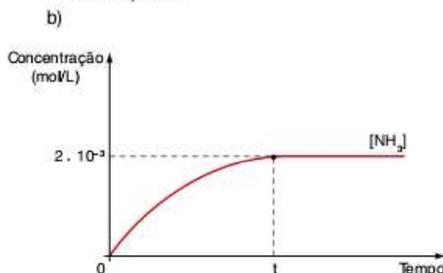
Exercícios propostos

- a)

Tempo	[A]/10 ⁻³ molL ⁻¹	[B]/10 ⁻³ molL ⁻¹
0	11,6	0
100	11,3	0,3
200	11,0	0,6
500	10,5	1,1
1.000	10,2	1,4
2.000	10,0	1,6
2.500	10,0	1,6
3.000	10,0	1,6

 b) $K_c = 0,16$
- A
- A
- a) $K_p = \frac{P(CO) \cdot [P(H_2)]^3}{P(CH_4) \cdot P(H_2O)}$
 b) $P_{(CO)} = 1,185$ atm
- D
- D
- C
- E
- D
- E
- E
- C
- B
- A

15. a) Concentração de A: curva III
Concentração de B: curva II
b) 2,25
16. C
17. a) Como foi colocada uma quantidade inicial maior do que essa ($4 \cdot 10^{-3}$ mol é maior que $2 \cdot 10^{-3}$ mol), concluímos que, uma vez atingido o equilíbrio, ainda restará sólido dentro do recipiente.



18. B
19. E
20. E
21. D
22. a) Na Terra, o CaCO₃ iria se transformar completamente em CaO e CO₂.
b) Em Vênus, não haveria transformação de CaCO₃ em CaO e CO₂.

23. a) O sistema A se encontra em equilíbrio porque $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = 2$

- b) O sistema B não se encontra em equilíbrio, pois a relação $\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = 40$

24. D
25. A
26. C
27. A
28. A
29. E
30. a) $K_c = [CO_2] \cdot [H_2O]$
b) $P_{CO_2} = P_{H_2O} = 0,5$ atm

31. a) $K_p = \frac{(P_{H_2} \cdot P_{I_2})}{(P_{HI})^2}$
b) [H₂] → diminuiu
[I₂] → diminuiu
[HI] → aumentou

32. D
33. E
34. a) X = 8 mol/L; Y = 6 mol/L

b) $K_c = \frac{[NH_3]^2}{([N_2] \cdot [H_2]^3)}$

c) $K_c = 5,14$

35. C
36. C
37. E
38. C
39. C
40. $K_c = 0,0066$
41. $K_c = 9$
42. [AB] = 1,544 mol/L
43. 10,4

44. A
45. D
46. B

47. E
48. A
49. a) Sim, pois entram na reação (I) e saem na reação (II), não sendo, portanto, consumidos, como verificamos na equação (III).
b) A baixas temperaturas, pois (III) é reação exotérmica.

50. A
51. a) $K_p = \frac{(P_{SO_3})^2}{(P_{SO_2})^2 \cdot P_{O_2}}$
b) Como a variação de entalpia é negativa, a reação no sentido direto é exotérmica. Assim, a diminuição da temperatura para 300 K deslocará o equilíbrio para a direita, no sentido da liberação de energia, com isso o valor da constante aumentará.
c) Com a adição de O₂ ocorrerá um aumento na velocidade no sentido da reação direta, logo o equilíbrio será deslocado para a direita e o número de mols de SO₂ diminuirá.
d) Como o gás hélio é um gás inerte na reação, o equilíbrio não será deslocado.

52. D
53. D
54. A
55. Não, pelo contrário, o N₂ foi retirado do sistema, e isso provocou o aumento de H₂ e diminuição de NH₃.

56. C
57. C
58. B
59. a) Baixas temperaturas e pressões altas.
b) O catalisador acelera o processo, a pressão alta melhora o rendimento e a temperatura alta acelera o processo, o que compensa a perda de rendimento.

60. C
61. A
62. a) $K_c = 0,005$
b) A reação é endotérmica, porque um aumento da temperatura, leva a um aumento na concentração de HCN no equilíbrio.

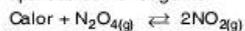
63. a) Com a elevação da temperatura, o equilíbrio deslocaria no sentido endotérmico, ou seja, para a esquerda.
b) $K_c = 16$

64. F; F; V; V; V; V; V

65. B

66. a) I. A adição de N₂O₄ causará deslocamento da posição de equilíbrio para a direita. A quantidade de NO₂ irá aumentar.
II. Quando a pressão no sistema diminui, o sistema responde produzindo mais moléculas do gás, o que faz a pressão aumentar, no sentido de reagir à variação. Uma vez que mais moléculas estão sendo formadas, se N₂O₄ está se decompondo, a quantidade de NO₂ no equilíbrio irá aumentar.

III. Sendo a reação endotérmica, pode-se escrever da seguinte maneira, onde calor aparece como reagente:



Uma vez que o aumento da temperatura é acompanhado por adição de calor, o sistema irá responder absorvendo calor – isso significa que o equilíbrio se deslocará para a direita. Deve-se notar, entretanto, que quando o equilíbrio se restabelecer, existirá mais NO₂ presente.

- IV. Um catalisador não tem efeito sobre o equilíbrio químico. O catalisador afeta a velocidade da reação, fazendo com que as reações alcancem o equilíbrio mais rapidamente. Assim, a quantidade de NO₂ no equilíbrio não sofrerá alterações.
b) A única variação que afeta K_c é a variação de temperatura. O aumento da temperatura (adição de calor) irá aumentar K_c para esta reação, que é endotérmica.

67. a) $K_{eq} = \frac{[CO_2]}{[CO]}$

A variação de entalpia da reação direta é positiva, logo, o valor da constante aumenta com a elevação da temperatura, pois há o favorecimento da reação endotérmica e diminui com a diminuição da temperatura, pois há o favorecimento da reação exotérmica.

- b) Adição de FeO não altera o equilíbrio do sistema, pois ele está no estado sólido e sendo assim, apresenta concentração constante. O aumento da pressão também não interfere no equilíbrio, pois temos 1 mol de CO_(g) em equilíbrio com 1 mol de CO_{2(g)}.

68. A
69. E
70. C
71. B
72. C
73. A

74. a) $K_c = 2,2$
b) A reação é exotérmica, porque, quando ocorre uma elevação da temperatura (entre t₄ e t₅), observa-se a diminuição da concentração de produto (N₂O₄), mostrando que o equilíbrio é deslocado no sentido da formação do reagente (NO₂)

75. C
76. F; V; F; F; V; V

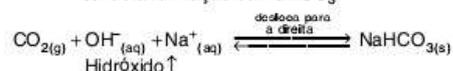
77. a) Pode-se observar pela tabela fornecida que, a uma dada pressão, à medida que se aumenta a temperatura, diminui a porcentagem de conversão dos reagentes em NH₃. Pelo Princípio de Le Chatelier, ao se aumentar a temperatura, o equilíbrio é deslocado no sentido da reação endotérmica. Logo, conclui-se que a reação da síntese da amônia é exotérmica.

- b) Aumentando-se a pressão total de um sistema, o equilíbrio é deslocado no sentido da contração de volume. Portanto, a uma dada temperatura, o aumento da pressão leva a uma maior porcentagem de conversão dos reagentes em amônia (NH₃).

78. a) Adicionando-se amônia, o primeiro equilíbrio se desloca para a direita:



Conseqüentemente, o segundo equilíbrio também desloca-se para a direita, favorecendo a formação do NaHCO₃



- b) A diminuição da temperatura favorece a reação no sentido exotérmico. Neste caso, os dois equilíbrios são favorecidos e deslocam-se para a direita.

A elevação da pressão favorece o deslocamento de equilíbrio no sentido da reação, que produz menor número de mols de gás. Sendo assim, os dois equilíbrios são deslocados para a direita

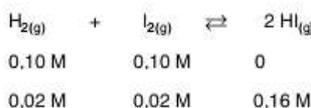
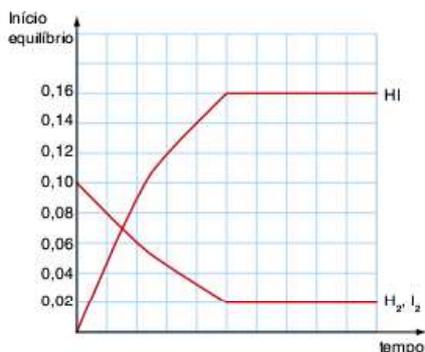


79. D
80. D
81. a) Constante de equilíbrio em termos de concentração: $K_c = \frac{[\text{CO}_2]^3}{[\text{CO}]^3}$
Constante de equilíbrio em termos de pressão parcial: $K_p = \frac{(P_{\text{CO}_2})^3}{(P_{\text{CO}})^3}$
b) A retirada de ferro metálico não altera o equilíbrio, pois em sistema reversível a substância sólida não interfere na posição do equilíbrio.
82. C
83. E
84. D
85. 04
86. B
87. B
88. 4,27%
89. C
90. B
91. a) A solução de ácido fórmico, pois apresenta a maior constante de ionização.
b) $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 10^{-3} \text{ mol/L}$
92. E
93. B
94. A
95. B
96. A
97. E
98. A
99. D
100. B
101. B
102. D
103. C
104. D
105. E
106. A
107. a) $K_1 = \frac{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]}{[\text{CrO}_4^{2-}]^2 \cdot [\text{H}^+]^2}$
b) I. Deslocamento para a direita (Princípio de Le Chatelier)
II. Deslocamento para a esquerda (Princípio de Le Chatelier)
108. 05
109. a) $[\text{H}^+] = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$
 $[\text{A}^-] = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$
 $[\text{HA}] \approx 0,2 \text{ mol/L}$
b) $K_a \approx 2 \cdot 10^{-9}$
110. a) $10 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$
b) $K_a \approx 5 \cdot 10^{-8}$
111. C
112. B
113. C
114. D

115. D
116. D

Exercícios complementares

1. a) $t = 400$ milissegundos \rightarrow no equilíbrio, as concentrações das espécies presentes não mais se alteram.
b) $K_c = 312,5$
2. a) Não ocorrerá alteração nas concentrações do monômero e do dímero.
b) A concentração do dímero diminuirá e a concentração do monômero aumentará.
3. a) Como $Q_c = 9,0$ é maior que $K_c = 4,0$, o sistema não está em equilíbrio. Com o passar do tempo, o Q_c tende a se igualar ao K_c :
 $Q_c = \frac{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]}{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}$. As concentrações de $\text{CO}(\text{g})$ e $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ aumentarão, enquanto as concentrações de $\text{CO}_2(\text{g})$ e $\text{H}_2(\text{g})$ irão diminuir, ou seja, o equilíbrio se deslocará para a esquerda (devido a maior velocidade da reação inversa).
b) $[\text{CO}] = \frac{4}{3} \text{ mol/L}$
 $[\text{H}_2\text{O}] = \frac{4}{3} \text{ mol/L}$
 $[\text{CO}_2] = \frac{8}{3} \text{ mol/L}$
 $[\text{H}_2] = \frac{8}{3} \text{ mol/L}$
4. a) O agente desidratante retira água, deslocando o equilíbrio no sentido da produção de éster.
b) $\frac{2}{3} \text{ mol/L}$
c) Butanoato de isopropila.
5. a) $K_c = 4$
b) O aumento da temperatura do sistema irá favorecer o sentido endotérmico. Como este é o sentido de consumo de NO , e consequente formação de N_2 e O_2 , a constante de equilíbrio (K_c) irá diminuir. $K_c = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$
O denominador irá aumentar.
6. a) $K = 0,15$
b) 34 g
7. a) Como nos dois equilíbrios, A e B, a concentração de I_2 é a mesma, na mesma temperatura, não temos como distinguir os recipientes pela intensidade da coloração violeta do I_2 .
b) Gráfico das concentrações:



8. C
9. 10
10. C
11. B
12. A
13. 40 mol
14. 385
15. C
16. D
17. C
18. C
19. a) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
b)

	H_2	O_2	H_2O
Início	1 mol	1 mol	—
Reage/forma	1 mol	0,5 mol	1 mol
Final	—	0,5 mol	1 mol

20. E
21. $K_c = \frac{[\text{X}_2]}{[\text{X}]^2}$
22. a) Restam 0,2 mol de ácido acético e formar-se 0,8 mol de acetato de etila.
b) Após 50 s
c) 0,8 mol
23. a) $K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[\text{B}]}{[\text{A}]}$
b) $K_c = 0,1$
24. C
25. 0,172 mol/L de H_2 , 0,272 mol/L de CO_2 , 0,228 mol/L de H_2O e 0,328 mol/L de CO .
26. a) CO e H_2O
b) 825 °C, pois, nessa temperatura, a constante é aproximadamente 1.
27. 50%
28. $K_c = 9$
29. a) $P_{\text{NO}} = 0,240 \text{ atm}$
 $P_{\text{Cr}_2} = 0,120 \text{ atm}$
b) $K_p = 0,017 \text{ atm}$
30. a) $K_p = 0,25$
b) $[\text{H}_2] = 0,15 \text{ mol/L}$
 $[\text{O}_2] = 1,325 \text{ mol/L}$
 $[\text{H}_2\text{O}] = 0,15 \text{ mol/L}$
31. B
32. a) $P_{\text{vap}} = 8 \text{ mmHg}$.
b) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ está eflorescendo.
c) $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ está desidratando.
33. a) A concentração de O_2 é menor e o equilíbrio se desloca no sentido de formar mais hemoglobina e O_2 . Menos O_2 chega às células, queimando menos glicose e diminuindo o rendimento.
b) Durante a adaptação, mais hemoglobina é produzida, com isso, mais ferro é utilizado e as reservas caem.
34. D
A: correta, pois $K_p = 10^{-4}$
B: correta.
C: correta, pois a molaridade da H_2O é praticamente constante o tempo todo.
D: incorreta, pois devido ao deslocamento de equilíbrio, a quantidade de $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}(\text{c})$ diminui e a de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{c})$ aumenta.
E: correta.
35. 37

36. a) A reação de síntese da amônia não é um processo endotérmico, e sim exotérmico, pois observa-se no gráfico que, a uma dada pressão, uma diminuição na temperatura acarreta um aumento na porcentagem de amônia na mistura.
- b) A 450 °C e 120 atm, a porcentagem de NH₃ na mistura é 20%, sendo produzidas 50 toneladas de amônia.
A 300 °C e 100 atm, a porcentagem de NH₃ na mistura é 50%.
Assim: $x = (50\% \cdot 50 \text{ toneladas}) / 20\% = 125$ toneladas de NH₃
Portanto, serão obtidas: 125 – 50 = 75 toneladas a mais de NH₃
- c) Não. O catalisador não altera a posição de equilíbrio da reação, apenas a velocidade. A curva para a reação a 400 °C deveria estar posicionada entre 350 e 450 °C.
37. Item correto: 3; Itens errados: 1 e 2.
38. Itens corretos: 1 e 2; Itens errados: 3 e 4.
39. E
40. a) $K_p = \frac{p_{\text{SO}_3^2}}{p_{\text{SO}_2} \cdot p_{\text{O}_2}}$
- b) Um aumento de pressão desloca a reação no sentido em que há menor número de mols de gás, ou seja, no sentido de síntese de SO₃.
41. Errado, ocorrem da esquerda para a direita.
42. C
43. 68
44. a) $W_{(s)} + 3I_{2(g)} \rightleftharpoons WI_{6(g)}$
 $K_c = \frac{[W_6]}{[I_2]^3}$ e $K_p = \frac{P_{W_6}}{(P_{I_2})^3}$, onde [] representa a concentração em mol/L e p representa a pressão parcial.
- b) De acordo com o Princípio de Le Chatelier, o abaixamento da temperatura desloca o equilíbrio no sentido da reação exotérmica. Como o abaixamento da temperatura desloca o equilíbrio no sentido de formação do WI₆, esta formação é exotérmica ($\Delta H < 0$).
45. B
46. 6
47. 28
48. E
49. a) O equilíbrio se desloca para a esquerda.
b) O equilíbrio se desloca para a esquerda.
50. É exotérmico, pois o aumento de temperatura desloca o equilíbrio para lado endotérmico (esquerda).
51. a) $CoCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CoCl_{2 \cdot 2H_2O_{(s)}}$
b) úmido → rosa (equilíbrio deslocado para a direita)
seco → azul (equilíbrio deslocado para a esquerda)

52. O aumento da temperatura faz com que o equilíbrio seja alcançado mais rapidamente.
53. a) Havendo aquecimento, o equilíbrio desloca-se para o lado direito, pois o aumento da temperatura favorece a reação endotérmica, e a solução passa a adquirir a cor azul, devido a um aumento da concentração da espécie $[(CoCl_4)^{2-}]_{(aq)}$
- b) Ao adicionarmos mais ácido clorídrico (HCl), estaremos aumentando a concentração molar de Cl⁻ (efeito do íon comum); o equilíbrio se deslocará para o lado direito e a solução irá adquirir a cor azul.
54. D
55. D
56. a) A reação de conversão do gás metano para etano é uma reação endotérmica, pois com o aumento da temperatura a constante de equilíbrio aumenta. Isso significa um deslocamento do equilíbrio para a direita, ou seja, no sentido endotérmico, segundo o Princípio de Le Chatelier.
- b) Catalisador não desloca o equilíbrio, logo, não altera a concentração do gás hidrogênio. Pressão: esse equilíbrio não é deslocado por variação de pressão. Com o aumento da pressão à temperatura constante, tem-se a diminuição do volume total e, portanto, o aumento da concentração do gás de hidrogênio.
57. E
58. A equação de ionização do ácido benzoico:
- $$\begin{array}{c}
 \text{CH}=\text{CH} \\
 | \quad | \\
 \text{HC} \quad \text{C}=\text{C}=\text{O} \\
 | \quad | \quad | \\
 \text{CH}-\text{CH} \quad \text{OH}
 \end{array}
 \xrightarrow{H_2O}
 H^+ +
 \begin{array}{c}
 \text{CH}=\text{CH} \\
 | \quad | \\
 \text{HC} \quad \text{C}=\text{C}=\text{O} \\
 | \quad | \quad | \\
 \text{CH}-\text{CH} \quad \text{O}^-
 \end{array}$$
- $$K_a = \frac{[H^+][C_7H_5O_2^-]}{[C_7H_6O_2]}$$
- $[H^+] = 7 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$
59. B
60. D
61. A
62. E
63. D
64. B
65. A acidez do limão tende a neutralizar o meio básico, diminuindo a concentração de íons OH⁻ e deslocando o equilíbrio para o lado direito. Isso provoca a diminuição da concentração da metilamina, que é a substância responsável pelo odor característico do peixe.
66. D
67. a) $K_a = 8,0 \cdot 10^{-7}$
b) $[CH_3COO^-] = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ M}$
c) $[H_3O^+] = [CH_3COO^-] = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ M}$
 $[CH_3COOH] = (0,05 - 2,0 \cdot 10^{-4}) = 0,05 \text{ M}$
 $[OH^-] = 5,0 \cdot 10^{-11} \text{ M}$

68. a) $H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^- \quad (K_1)$
 $H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-} \quad (K_2)$
 $HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-} \quad (K_3)$
 $H_3PO_4 \rightleftharpoons 3H^+ + PO_4^{3-} \quad (K_{\text{Global}})$
 $K_1 = \frac{[H_2PO_4^-] \cdot [H^+]}{[H_3PO_4]}$
 $K_2 = \frac{[HPO_4^{2-}] \cdot [H^+]}{[H_2PO_4^-]}$
 $K_3 = \frac{[PO_4^{3-}] \cdot [H^+]}{[HPO_4^{2-}]}$
 $K_G = \frac{[PO_4^{3-}] \cdot [H^+]^3}{[H_3PO_4]}$
- b)
- $$\frac{[H_2PO_4^-] \cdot [H^+]}{[H_3PO_4]} \cdot \frac{[HPO_4^{2-}] \cdot [H^+]}{[H_2PO_4^-]} \cdot \frac{[PO_4^{3-}] \cdot [H^+]}{[HPO_4^{2-}]} = \frac{[PO_4^{3-}] \cdot [H^+]^3}{[H_3PO_4]}$$
69. a) A cerveja que se encontra a 25 °C. Como o processo de transformação de CO_{2(aq)} em CO_{2(g)} é endotérmico, quanto maior a temperatura, maior será a quantidade de gás liberado (espuma).
- b) $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$
70. E
71. a) O lago com águas mais frias terá maior concentração de oxigênio, pois o processo de dissolução do oxigênio na água é exotérmico.
- b) O lago localizado na base dos Andes terá mais oxigênio dissolvido. Neste local, onde a pressão atmosférica é maior, também será maior a pressão parcial do oxigênio.
72. B
73. A
74. A
75. E
76. B
77. a) $S_{CO_2} = 0,554 \text{ mg/L}$
b) $2,35 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$
78. $c = 24,6 \text{ mg/m}^3$
Como essa concentração é maior do que a letal (16 mg/m³), um ser humano não deve permanecer no interior dessa sala por 10 minutos.
79. D
80. D