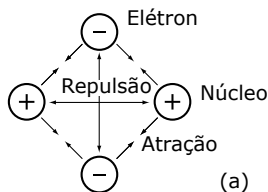


Ligações Covalentes I

AS INTERAÇÕES E AS ENERGIAS NA FORMAÇÃO DA LIGAÇÃO COVALENTE



Precisamos entender por que os átomos de elementos não metálicos podem se ligar uns aos outros uma vez que não podem formar íons de cargas opostas. Primeiramente, é preciso entender que os elementos não metálicos possuem altas energias de ionização e não costumam formar cátions. Lewis propôs que cada átomo em uma molécula é ligado por um par de elétrons compartilhado. Ele imaginou que o par de elétrons compartilhado estava situado entre os dois átomos e interagiu com ambos os núcleos. A ligação covalente seria, então, resultado das interações de dois elétrons e dois núcleos, o que acaba provocando abaixamento da energia potencial nos átomos.



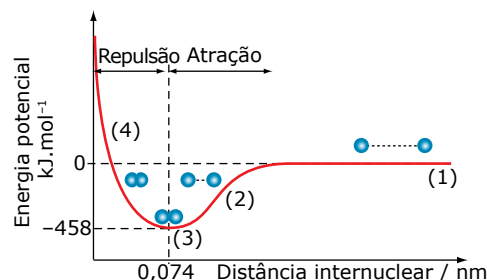
(a) Atrações e repulsões entre elétrons e núcleos na molécula de hidrogênio. (b) Distribuição eletrônica na molécula de H_2 . A concentração de densidade eletrônica entre os núcleos leva a uma força de atração líquida que constitui a ligação covalente, que mantém a molécula unida.

CONCEITO DE LIGAÇÃO COVALENTE



Ligação covalente consiste no compartilhamento de elétrons entre átomos. Esse compartilhamento leva à formação de espécies menos energéticas, ou mais estáveis que os átomos isolados.

A molécula de H_2 fornece o exemplo mais simples de ligação covalente. Quando dois átomos de hidrogênio estão próximos, ocorrem interações eletrostáticas entre eles não apenas atrativas, mas também repulsivas. Os dois núcleos com cargas positivas repelem-se mutuamente, bem como os elétrons com suas cargas negativas. Entretanto, como já exposto, núcleos e elétrons atraem-se mutuamente e, para que uma molécula de H_2 exista como espécie química estável, as forças atrativas devem superar as de repulsão. A figura a seguir mostra como essas forças afetam a energia potencial dos átomos de hidrogênio durante a formação da molécula.



(1) Primeiramente, os átomos estão a uma distância infinita um do outro. Nessa situação, praticamente, não há forças de atração ou repulsão entre eles e foi atribuído valor de energia potencial igual a zero para os átomos.

(2) Os átomos estão mais próximos e as interações entre eles já são importantes. As forças de atração núcleos-elétrons são mais intensas que as de repulsão, fazendo com que os átomos se aproximem, e essa aproximação produz abaixamento na energia potencial dos átomos.

(3) As forças de repulsão e de atração se equilibraram. Essa situação é a que abaixa mais a energia dos átomos e, portanto, a mais estável.

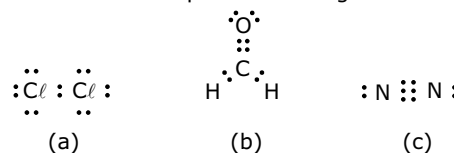
(4) Os átomos estão se aproximando muito e as forças de repulsão passam a ficar mais intensas que as de atração. Assim, a aproximação agora só ocorre se os átomos tiverem energia suficiente para vencer a repulsão. A tendência de dois átomos que estão muito próximos é de se afastarem um pouco para aumentar a estabilidade.

CLASSIFICAÇÕES DAS LIGAÇÕES COVALENTE



Quanto à ordem

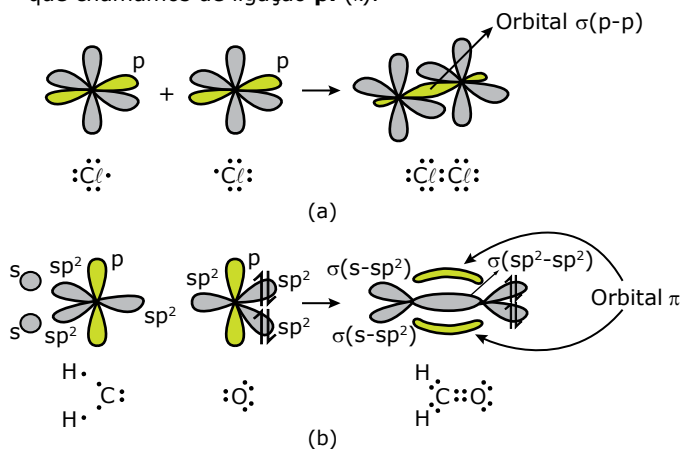
As ligações covalentes podem ser **simples** (ordem 1) quando um par de elétrons é compartilhado por dois átomos; **dupla** (ordem 2) quando dois pares de elétrons são compartilhados; ou ainda **tripla** (ordem 3) quando o número de pares de elétrons compartilhados é igual a três.



Estruturas de Lewis para algumas substâncias: (a) gás cloro com ligação simples, (b) metano com ligações simples e dupla e (c) gás nitrogênio com ligação tripla. Note que todos os átomos passam a ter configuração de gás nobre.

Quanto à forma de interpenetração dos orbitais

A ligação covalente pode ser **sigma** (σ) quando o orbital molecular é resultado da interpenetração frontal de orbitais atômicos, ou seja, orbitais que antes da interpenetração estavam no mesmo eixo. Porém, se os orbitais atômicos estiverem em eixos paralelos, podem interpenetrar-se lateralmente, originando um orbital molecular com dois lobos que chamamos de ligação **pi** (π).

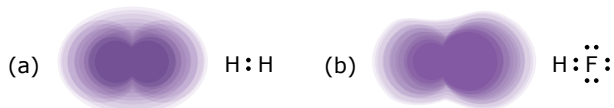


Formação das moléculas de cloro e metanal, mostrando a interpenetração de orbitais. Os modelos mostram apenas alguns orbitais de cada um dos átomos. (a) Na molécula de cloro, temos a formação de uma ligação σ pela fusão de dois orbitais atômicos do tipo p. (b) Na molécula de metanal, há três ligações σ : duas formadas pela fusão de orbitais s do hidrogênio com orbitais sp^2 (híbridos) do carbono e outra proveniente da fusão do outro orbital sp^2 do carbono com um do tipo sp^2 do oxigênio. Podemos observar também a formação de uma ligação π a partir de dois orbitais p: um originário do carbono e outro do oxigênio.

Quanto à polaridade

A ligação covalente pode apresentar algum caráter iônico quando houver diferença de eletronegatividade entre os átomos que a estabelecem. Esse caráter iônico é chamado de polaridade.

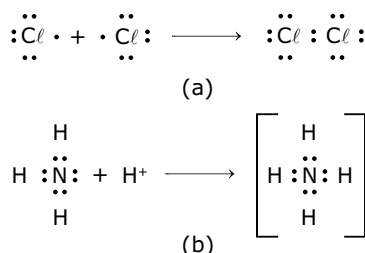
Quando dois átomos que se ligam possuem a mesma eletronegatividade, dizemos que se trata de **ligação covalente apolar**. Nesse caso, os dois átomos atraem o par eletrônico com a mesma intensidade. No caso de existir diferença de eletronegatividade entre os átomos, forma-se a **ligação covalente polar**. O átomo mais eletronegativo atrai mais fortemente os elétrons da ligação e, assim, é criado um polo negativo em torno desse átomo. Por outro lado, o átomo de menor eletronegatividade fica com menor densidade eletrônica e acaba sendo o polo positivo. Quando a diferença de eletronegatividade é muito grande, a ligação passa a ser iônica.



(a) A ligação apolar no hidrogênio. (b) A ligação polar no fluoreto de hidrogênio. É mostrada apenas a nuvem de carga do par compartilhado.

Quanto à origem do par eletrônico

O par eletrônico compartilhado pode ser constituído de um elétron vindo de um átomo e outro proveniente de outro átomo e, nesse caso, chamamos de ligação covalente **normal**. Mas, quando os dois elétrons compartilhados vêm apenas de um dos átomos e passam a ocupar um orbital que resulta da fusão de dois outros orbitais: um preenchido e o outro vazio do segundo átomo, denominamos ligação covalente coordenada, antigamente chamada de ligação covalente dativa.



(a) Formação de uma ligação covalente normal entre dois átomos de cloro. Cada átomo contribuiu com um elétron.

(b) Formação de uma ligação covalente coordenada entre a amônia e o cátion hidrogênio (próton). O par eletrônico, inicialmente, era só do nitrogênio e o hidrogênio apresentava um orbital vazio antes da ligação. A ligação covalente coordenada normalmente se estabelece entre uma espécie que tem pares eletrônicos isolados disponíveis (chamado de base de Lewis) e outra que tem orbitais vazios para acomodar elétrons (ácido de Lewis). Antes da ligação, o ácido de Lewis é carente em elétrons e a base de Lewis tem excesso de elétrons.

FATORES QUE AFETAM A INTENSIDADE DA LIGAÇÃO COVALENTE

Os fatores que podem explicar a maior ou menor intensidade das ligações covalentes são: presença de pares isolados (elétrons não ligantes), tamanho dos átomos envolvidos (raio atômico) e ordem de ligação.

Presença de pares isolados

Quando comparamos a entalpia de dissociação do Cl_2 ($254 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) e do H_2 ($432 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$), percebemos que é muito mais fácil quebrar a ligação cloro-cloro do que a hidrogênio-hidrogênio. A ligação entre átomos de hidrogênio é mais forte em virtude de ele não apresentar pares isolados. A presença de pares isolados intensifica as forças de repulsão, enfraquecendo a ligação.

Raio atômico

Quanto maiores forem os átomos envolvidos na ligação covalente, mais fraca ela será. Em ligações formadas por átomos grandes, as distâncias médias entre os orbitais moleculares formados e os núcleos dos átomos são maiores, diminuindo a intensidade das forças atrativas.

Veja como decresce a entalpia de dissociação dos halogenídretos com o aumento do respectivo halogênio:

HF (568 kJ.mol ⁻¹)	 Decresce a intensidade das forças atrativas
HCl (431 kJ.mol ⁻¹)	
HBr (366 kJ.mol ⁻¹)	
HI (298 kJ.mol ⁻¹)	

Ordem da ligação

Quanto maior o número de pares eletrônicos compartilhados, mais curta e mais intensa será a ligação covalente entre dois átomos. O aumento da ordem de ligação significa aumento no número de elétrons nela envolvidos, ou seja, aumento da carga negativa, o que determina aumento das forças atrativas.

Veja, por exemplo, as entalpias de dissociação médias de ligações carbono-carbono aumentando à medida que aumenta a ordem de ligação:

C—C (416 kJ.mol ⁻¹)	 Cresce a intensidade das forças atrativas
C=C (613 kJ.mol ⁻¹)	
C≡C (845 kJ.mol ⁻¹)	



Ligação covalente

Nesse vídeo, será possível entender como as ligações covalentes são formadas. Atente para a forma como ocorrem as interações entre orbitais atômicos, possibilitando o estabelecimento das ligações covalentes sigma (σ) e pi (π). Bons estudos!

HIT7

FORMULAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS



Nós iremos lidar, a partir de agora, basicamente, com três tipos de fórmulas: molecular, eletrônica e estrutural plana.

Fórmula molecular

A fórmula molecular somente indica os elementos existentes em uma molécula da substância e quantos átomos de cada elemento existem nela.

Exemplos:

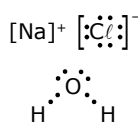
HCl \Rightarrow 2 elementos: hidrogênio e cloro, com um átomo de cada.

H₃PO₄ \Rightarrow 3 elementos: hidrogênio, fósforo e oxigênio, com 3, 1 e 4 átomos, respectivamente.

Fórmula eletrônica

A fórmula eletrônica é aquela que se baseia na representação de Lewis.

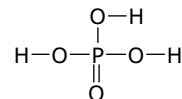
Exemplos:



Fórmula estrutural plana

A fórmula estrutural plana é aquela que representa as ligações por meio de traços e setas, não importando a distribuição espacial dos átomos.

Exemplo:



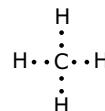
Agora, conseguiremos montar as fórmulas eletrônicas e estruturais a partir das fórmulas moleculares. Para isso, teremos de seguir algumas regras:

1ª Regra

O átomo que se encontra em menor quantidade deve ir para o centro e ficar rodeado pelos demais átomos.

Exemplos:

CH₄:



NH₃:



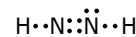
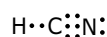
2ª Regra

Quando o número de átomos, na fórmula molecular, for igual, o elemento que possuir maior número de valências, normalmente, deve ir para o centro da molécula.

Exemplos:

HCN

N₂H₂



3ª Regra

Só será possível realizar uma ligação coordenada (dativa) quando o átomo central já estiver estável e com pelo menos um par de elétrons disponível.

Exemplo:

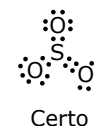
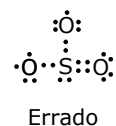
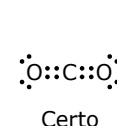
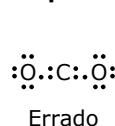


O enxofre já está estável e possui 2 pares de elétrons disponíveis para realizar ligações coordenadas.

4ª Regra

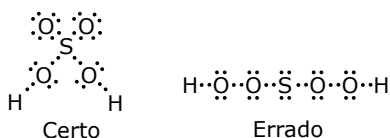
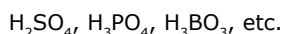
Quando começamos a ligar um determinado átomo a outro, só poderemos ligá-lo a um terceiro átomo após o primeiro se tornar estável.

Exemplos:

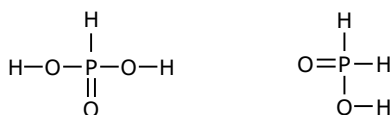


5ª Regra

Em oxiaácidos, normalmente, o hidrogênio encontra-se ligado ao oxigênio.

**Exemplos:**

CUIDADO! H_3PO_3 e H_3PO_2 só possuem 2 H e 1 H ligados ao oxigênio, respectivamente. Os demais hidrogênios estão ligados diretamente ao fósforo.

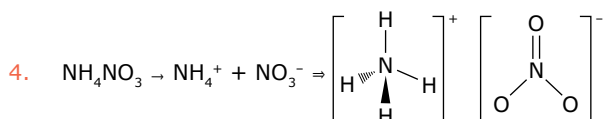
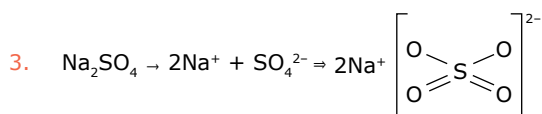
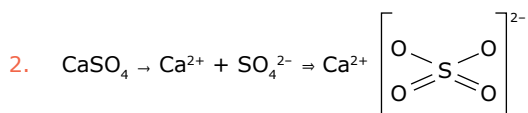
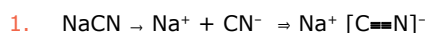
**OBSERVAÇÃO**

Os hidrogênios que se ligam ao oxigênio são facilmente liberados quando tais substâncias são colocadas em meio aquoso. Dessa forma, são denominados hidrogênios ionizáveis e representados por H^+ .

Para facilitar a confecção das fórmulas estruturais dos oxiaácidos, a sequência das ligações é: hidrogênio liga-se ao oxigênio, e este liga-se ao átomo central.

6ª Regra

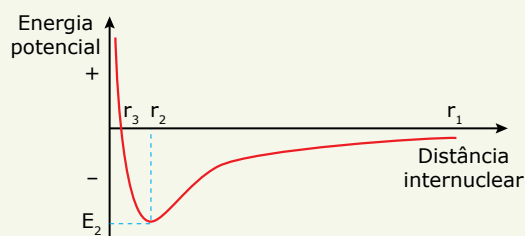
Em compostos iônicos que possuem ligações covalentes, os metais sempre devem estar próximos aos átomos que rodeiam os átomos centrais.

Exemplos:

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFMG) O gráfico representa a variação de energia potencial em função da distância internuclear, quando átomos de hidrogênio se aproximam para formar a molécula de H_2 .



Sobre esse gráfico, todas as afirmativas estão corretas, exceto

- A) A distância r_2 corresponde ao comprimento de ligação.
 B) A energia de ligação é $-E_2$.
 C) A estabilidade molecular é máxima na distância r_3 .
 D) Os átomos estão isolados na distância r_1 .
 E) Os átomos estão ligados na distância r_2 .
- 02.** (UFPA-MG) Assinale a alternativa na qual ambos os compostos apresentam ligações covalentes múltiplas (duplas ou triplas).

Dados: H ($Z = 1$), C ($Z = 6$), N ($Z = 7$), O ($Z = 8$), Al ($Z = 13$), Cl ($Z = 17$), K ($Z = 19$).

- A) H_2O e O_2
 B) H_2O_2 e HCl
 C) Cl_2 e NH_3
 D) CO_2 e N_2
 E) AlCl_3 e KCl
- 03.** (PUCPR) Sabe-se que a interação entre átomos que se ligam na formação de novas substâncias é feita através de seus elétrons mais externos.

Uma combinação possível entre o elemento A com a configuração eletrônica $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ e outro B ($Z = 16$) terá fórmula e ligação, respectivamente,

- A) AB e ligação covalente apolar.
 B) A_2B e ligação iônica.
 C) A_2B_3 e ligação covalente polar.
 D) AB_2 e ligação iônica.
 E) A_2B e ligação covalente polar.

04. (UEPG-PR) Considerando-se os elementos químicos e seus respectivos números atômicos H ($Z = 1$), Na ($Z = 11$), Cl ($Z = 17$) e Ca ($Z = 20$), assinale o que for correto.

01. No composto CaCl_2 encontra-se uma ligação covalente polar.

02. No composto NaCl encontra-se uma ligação iônica.

04. No composto Cl_2 encontra-se uma ligação covalente polar.

08. No composto H_2 encontra-se uma ligação covalente apolar.

Soma ()

05. (Mackenzie-SP) A fosfina é um gás autoinflamável, formado por fósforo e hidrogênio, produzido na decomposição de matérias orgânicas. Assim, em cemitérios, por vezes, as pessoas se assustam ao se depararem com nuvens desse gás e, se correrem, devido ao deslocamento de ar, têm a impressão de que o fogo as acompanha. Esse fenômeno é conhecido por fogo-fátuo.

Dado: Número atômico P = 15, H = 1.

Com relação à fosfina, é incorreto afirmar que

A) tem fórmula molecular PH_3 .

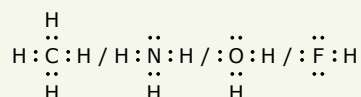
B) possui três ligações covalentes sigma.

C) o fósforo possui um par de elétrons disponível.

D) não possui ligação pi.

E) tem fórmula estrutural $\text{P}=\text{H}$.

06. (Unicamp-SP) Observam-se as seguintes fórmulas eletrônicas (fórmulas de Lewis):



Consulte a classificação periódica dos elementos e escreva as fórmulas eletrônicas das moléculas formadas pelos seguintes elementos:

A) Fósforo e hidrogênio

B) Enxofre e hidrogênio

C) Flúor e carbono

07. (UDESC) Os tipos de ligações químicas dos compostos NH_3 ; CO_2 ; Fe_2O_3 ; Cl_2 ; KI são, respectivamente,

A) covalente polar, covalente polar, iônica, covalente apolar, iônica.

B) covalente apolar, iônica, covalente polar, covalente apolar, iônica.

C) covalente apolar, covalente polar, iônica, covalente apolar, iônica.

D) covalente polar, covalente apolar, iônica, covalente polar, iônica.

E) covalente polar, covalente apolar, iônica, covalente apolar, covalente polar.

08. (PUC Minas) G. N. Lewis propôs, no ano de 1916, que os átomos também formavam ligações a partir do compartilhamento de elétrons. Esse tipo de ligação ficou conhecida como ligação covalente. Assinale a alternativa que contém apenas substâncias formadas por ligação covalente.

A) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, SO_2 , Na_2S e Ag.

B) CO_2 , CH_4 , NaCl e H_2O .

C) $\text{HCl}_{(g)}$, NH_3 , CO_2 e $\text{C}_{(\text{diamante})}$.

D) $\text{C}_{(\text{grafite})}$, CO_2 , NH_3 e KCl .

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (Unisa-SP) A vida no planeta Terra está baseada em dois elementos essenciais. Um deles está presente em todos os compostos orgânicos e é versátil, pois pode estabelecer ligações entre si mesmo, formando compostos estáveis e originando moléculas dos mais variados tamanhos e formas. O outro é o mais abundante e está presente em todos os ambientes do planeta, sendo um elemento de alta eletronegatividade. Ambos se encontram no mesmo período da tabela periódica. Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, os dois elementos descritos e o tipo de ligação que se estabelece na interação entre eles.

A) Oxigênio e flúor; ligação iônica.

B) Carbono e flúor; ligação iônica.

C) Nitrogênio e oxigênio; ligação covalente.

D) Carbono e oxigênio; ligação covalente.

E) Carbono e silício; ligação covalente.

02. (UCS-RS) No cátion amônio, NH_4^+ , os átomos de hidrogênio unem-se ao átomo de nitrogênio por

A) ligações covalentes.

B) ligações iônicas.

C) ligações metálicas.

D) ligações de Van der Waals.

E) pontes de hidrogênio.

03. (FUVEST-SP) Considere as substâncias

I. argônio;

II. diamante;

III. cloreto de sódio;

IV. água.

Dentre elas, apresentam ligações covalentes apenas

A) I e II.

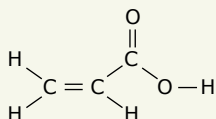
D) II e IV.

B) I e III.

E) III e IV.

C) II e III.

04. (UFF-RJ) As ligações químicas nos compostos orgânicos podem ser do tipo σ ou π . A ligação σ é formada pela interação de dois orbitais atômicos, segundo o eixo que une os dois átomos, ao passo que na ligação π , a interação dos orbitais atômicos se faz segundo o plano que contém o eixo da ligação.



Na estrutura representada acima, tem-se

- A) 2 ligações σ e 6 ligações π .
 B) 2 ligações σ e 8 ligações π .
 C) 4 ligações σ e 4 ligações π .
 D) 6 ligações σ e 2 ligações π .
 E) 8 ligações σ e 2 ligações π .
05. (UEA-AM-2016) Um composto iônico que apresenta ligação covalente em seu ânion é o
- A) nitreto de sódio, Na_3N .
 B) hidróxido de cálcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
 C) óxido de cobre (II), CuO .
 D) cloreto de amônio, NH_4Cl .
 E) hidreto de lítio, LiH .
06. (UFT-TO) A regra do octeto é um guia útil para a compreensão da ligação química. Essa regra diz que um átomo diferente do hidrogênio tende a formar ligações de modo a ficar rodeado por oito elétrons de valência. Das alternativas a seguir, a que possui um composto que não segue a regra do octeto é:
- A) ICl
 B) CO_2
 C) NO
 D) O_2
 E) N_2
07. (PUC-Campinas-SP)

Medusas

Pessoas acidentalmente atingidas por espécies venenosas de medusas, como as vespas-do-mar, apresentam ferimentos iguais aos provocados por açoitamentos, algumas morrem de choque anafilático. Esses "ataques" nada têm a ver com fome ou agressividade: a maioria das medusas é tão cega e desajeitada que não conseguem desviar-se de seus nadadores.

Além de coletarem alimentos, algumas espécies criam algas sob suas campânulas. Na convivência simbiótica que se estabelece, elas fornecem o alimento e, em troca, recebem proteção das zooxantelas, ao mesmo tempo que lhes proporcionam as melhores condições de crescimento possíveis: durante o dia, a água-viva Mastigias, por exemplo, nada perto da superfície aquática para ajudar na fotossíntese das algas; à noite, ela desce para zonas mais profundas, onde a concentração de amônia é maior, e "aduba" suas protegidas.

GEO, n. 25, p. 59.

A amônia é transformada em íons amônio quando recebe um próton H^+ . A ligação formada entre o próton e a molécula de amônia é

- A) iônica.
 B) covalente normal.
 C) covalente coordenada.
 D) de hidrogênio.
 E) metálica.
08. (UEPG-PR) Quando uma reação química ocorre entre dois átomos, os seus elétrons de valência são rearranjados de tal forma que uma força resultante atrativa passa a existir entre eles. Essa força atrativa é a chamada ligação química.

ZN43

Sobre as ligações químicas, assinale o que for correto.

01. Em uma molécula de HCl , o par de elétrons compartilhado na ligação encontra-se mais próximo do átomo de cloro, devido à sua maior eletronegatividade, o que caracteriza uma ligação apolar.
02. A ligação covalente se caracteriza pelo compartilhamento de elétrons de valência entre os átomos que participam da ligação.
04. O comprimento das ligações químicas independe do raio atômico dos átomos que participam da ligação.
08. Uma ligação iônica se forma quando um ou mais elétrons de valência são transferidos de um átomo para outro, dando origem a íons positivos e negativos.
16. Ligações covalentes do tipo sigma (σ) somente ocorrem entre orbitais do tipo p de um átomo e do tipo s de outro átomo.

Soma ()

09. (UFC-CE) Considere os seguintes compostos formados por nitrogênio e oxigênio: NO , N_2O , NO_2 , N_2O_4 e N_2O_5 .

ØFAM

A respeito dessas espécies, é correto afirmar que

- A) as ligações $\text{N}-\text{O}$ têm a mesma energia em todas as espécies.
 B) o átomo de N em todas as espécies obedece à regra do octeto.

- C) a ligação N—N na molécula de N_2O_4 tem caráter de dupla-ligação.
- D) na molécula de N_2O_5 existe a presença de uma ligação simples N—N.
- E) a estrutura mais estável para a molécula de N_2O apresenta uma ligação $N\equiv N$.

- 10.** (UFU-MG) Na 63ª sessão da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas – ONU – foi aprovado e proclamado, para 2011, o Ano Internacional da Química, conferindo à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – UNESCO – e à União Internacional de Química Pura e Aplicada – IUPAC – a coordenação das atividades mundiais para celebrar as grandes descobertas e os últimos avanços científicos e tecnológicos da química.

Dentre os avanços e descobertas, tem-se a descoberta do fósforo pelo alquimista Henning Brandt e, a partir de então, a fabricação dos palitos de fósforo modernos, que acendem em qualquer lugar: os chamados fósforos de segurança.

Eles são armazenados em uma caixa revestida nas laterais por uma cobertura de fósforo vermelho (P_n) – menos perigoso que o fósforo branco (P_4) – e sulfeto de antimônio (Sb_2S_3). A cabeça do fósforo é coberta com clorato de potássio ($KClO_3$) e cola e, ao ser riscada na caixa, entra em ignição, liberando energia na forma de fogo.

Sobre as substâncias usadas na fabricação do fósforo de segurança, assinale a alternativa correta.

- A) A ligação química que une os átomos de fósforo para a formação da molécula de fósforo é iônica.
- B) O fósforo vermelho e o fósforo branco são alotrópicos, pois são as mesmas substâncias formadas por arranjos diferentes de átomos de fósforo.
- C) O sal clorato de potássio é constituído por uma rede cristalina de íons K^+ e ClO_3^- .
- D) Um dos produtos da queima do fósforo é o gás carbônico, pois ocorre uma reação de combustão de fósforo com oxigênio.

- 11.** (UFPE) O elemento X forma moléculas diatômicas gasosas estáveis em condições ambiente. Por inalação, essas moléculas são bastante agressivas aos seres humanos. Esse elemento também forma sólidos iônicos binários com metais alcalinos.

Considerando essas características, julgue as afirmativas a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F).

- () A ligação química das moléculas diatômicas do elemento X é do tipo covalente.
- () O elemento X deve possuir mais de 4 elétrons em sua camada de valência.
- () O elemento X possui afinidade eletrônica muito baixa.
- () O elemento X possui alta energia de ionização.
- () A ligação do elemento X com átomos de hidrogênio não é possível.

12.
YIM4

(CMMG-2019) Geralmente os átomos compartilham, ganham ou perdem elétrons a fim de atingir o octeto, ou seja, oito elétrons na última camada, como a maioria dos gases nobres. Contudo existem exceções à regra do octeto, como:

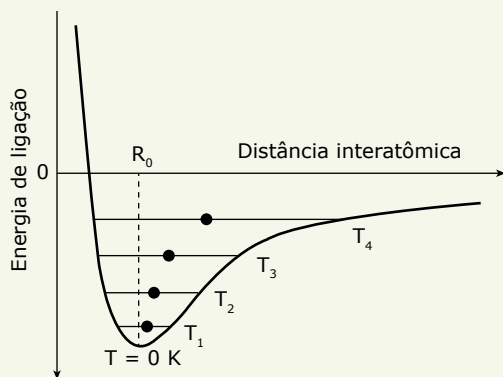
- I. Moléculas com número ímpar de elétrons.
- II. Moléculas com deficiência de elétrons.
- III. Moléculas com expansão do octeto.

Assinale a alternativa onde ocorrem, não respectivamente, essas três situações:

- A) BF_3 – NO_2 – NH_3 .
- B) BF_3 – NO – PCl_5 .
- C) $BeCl_2$ – ClO_2 – PCl_3 .
- D) $BeCl_2$ – $CHCl_3$ – NH_4Cl .

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2018) Alguns materiais sólidos são compostos por átomos que interagem entre si formando ligações que podem ser covalentes, iônicas ou metálicas. A figura apresenta a energia potencial de ligação em função da distância interatômica em um sólido cristalino. Analisando essa figura, observa-se que, na temperatura de zero kelvin, a distância de equilíbrio da ligação entre os átomos (R_0) corresponde ao valor mínimo de energia potencial. Acima dessa temperatura, a energia térmica fornecida aos átomos aumenta a energia cinética e faz com que eles oscilem em torno de uma posição de equilíbrio média (círculos cheios), que é diferente para cada temperatura. A distância de ligação pode variar sobre toda a extensão das linhas horizontais, identificadas com o valor da temperatura, de T_1 a T_4 (temperaturas crescentes).



O deslocamento observado na distância média revela o fenômeno da

- A) ionização.
- B) dilatação.
- C) dissociação.
- D) quebra de ligações covalentes.
- E) formação de ligações metálicas.

- 02.** Linus Pauling propôs uma medida quantitativa da distribuição dos elétrons nas ligações. O poder de atração dos elétrons exercido por um átomo que participa de uma ligação é chamado de eletronegatividade. [...] O átomo do elemento que tem a eletronegatividade mais alta tem maior poder de atrair elétrons e tende a afastá-los do átomo que tem a menor eletronegatividade. Pauling baseou sua escala nas energias de dissociação, D , das ligações A-A, B-B e A-B, medidas em elétrons-volts. [...] Dizemos que uma ligação desse tipo tem caráter iônico considerável.

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. 182-183. [Fragmento]

A espécie química H—X apresenta um maior caráter iônico (43%) do que a espécie química H—Y (5%), portanto,

- A) a ligação H—Y apresenta maior valor de D e é mais polar do que a ligação H—X.
- B) a quantidade de espécies iônicas em uma amostra de um mol de H—X, em um determinado instante, é maior do que em um mol de H—Y.
- C) o momento de dipolo elétrico em uma espécie H—X é menos intenso do que em uma espécie H—Y.
- D) o elevado caráter iônico da ligação H—X torna a densidade da nuvem eletrônica H—X mais uniforme do que a da espécie H—Y.
- E) a espécie H—X apresenta centros de carga positiva e negativa iguais aos da espécie H—Y.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. C
- 02. D
- 03. B
- 04. Soma = 10
- 05. E
- 06.
- A) $\text{H} \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{P} \\ \cdot\cdot \end{array} \text{H}$
H
- B) $\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{S} \\ \cdot\cdot \end{array} \text{H}$
H
- C) $\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \text{F} \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \text{C} \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \text{F} \\ \cdot\cdot \end{array}$
- 07. A
- 08. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. A
- 03. D
- 04. E
- 05. B
- 06. C
- 07. C
- 08. Soma = 02
- 09. E
- 10. C
- 11. V V F V F
- 12. B

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. B



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Ligações Covalentes II

DIFERENÇAS ENTRE SUBSTÂNCIAS MOLECULARES E SUBSTÂNCIAS COVALENTES



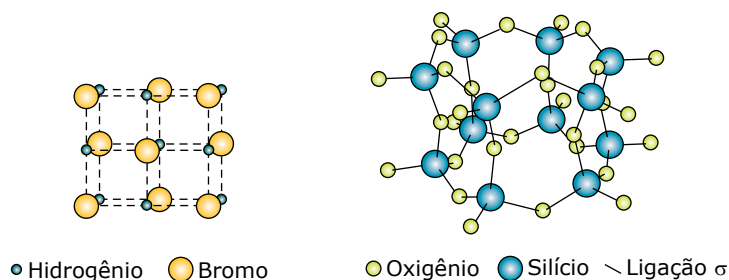
Tanto nas substâncias moleculares quanto nas covalentes existem ligações covalentes. Por que, então, essas substâncias apresentam propriedades tão diferentes?

Nas substâncias moleculares, os átomos se ligam por meio de ligações covalentes, formando aglomerados de tamanhos definidos: as moléculas. As moléculas podem ter de dois até milhares de átomos, mas têm tamanho definido. A constituição da molécula é revelada pela fórmula molecular, mas, quando essas substâncias formam fase condensada, as moléculas ligam-se umas às outras, só que por ligações mais fracas que as covalentes: por interações intermoleculares. Nas substâncias covalentes, a situação é outra; normalmente, os átomos estão ligados em rede apenas por ligações covalentes, originando uma estrutura gigantesca de tamanho indeterminado. A fórmula de uma substância covalente só mostra a menor proporção inteira entre as quantidades dos elementos que formam a macroestrutura.

Propriedades físicas de substâncias moleculares e covalentes

Propriedades físicas	Substâncias moleculares	Substâncias covalentes
T.F. e T.E. normais	Possuem baixas T.F. e T.E., pois, nessas mudanças de estado, só enfraquecem ou rompem interações intermoleculares, normalmente ligações mais fracas.	São muito resistentes a altas temperaturas, por isso falamos que possuem altas T.F. e T.E. Para destruir a rede cristalina desses compostos, teríamos de quebrar ligações covalentes, que são fortes.
Estado físico	Essas substâncias são encontradas nos três estados físicos, dependendo da intensidade das interações intermoleculares presentes.	Todas as substâncias desse tipo são sólidas à temperatura ambiente.
Solubilidade	São solúveis em solventes adequados. Na dissolução, rompem-se interações intermoleculares soluto-soluto para se formarem interações intermoleculares soluto-solvente, as chamadas forças de solvatação.	São insolúveis em todos os solventes. Para que se dissolvessem, as intensas ligações covalentes teriam de ser quebradas.
Condutividade elétrica	As substâncias moleculares são más condutoras de eletricidade quando estão puras. Algumas, quando dissolvidas em solventes adequados, sofrem ionização e a solução resultante apresenta boa condutibilidade.	As substâncias covalentes, em geral, são más condutoras de eletricidade. Uma exceção importante é a grafita.

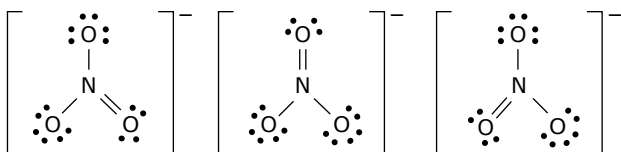
A seguir, estão representadas as estruturas cristalinas de duas substâncias, uma molecular e outra covalente.



O primeiro cristal representado é molecular; trata-se do HBr na fase sólida. Os átomos de hidrogênio e bromo encontram-se ligados por ligações covalentes, e as moléculas se ligam por interações do tipo dipolo-dipolo. Observe como os dipolos se orientam de modo que as cargas opostas se aproximam. O outro cristal é a sílica (SiO_2); nele, todos os átomos estão ligados por ligações covalentes, formando uma substância covalente. A cela unitária do cristal é formada por um átomo de silício no centro de um tetraedro, e os oxigênios ocupam os vértices.

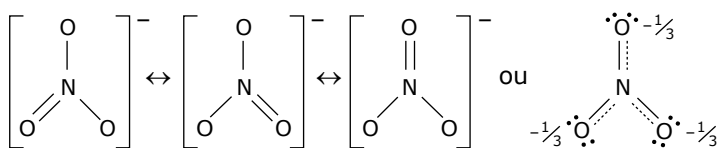
RESSONÂNCIA

Algumas espécies químicas possuem estruturas que não podem ser expressas por uma única fórmula de Lewis. As três estruturas de Lewis, mostradas a seguir, para o ânion nitrato, são equivalentes, possuem a mesma energia e diferem apenas pela posição da dupla-ligação.



Três possíveis representações de Lewis para o íon nitrato.

Se uma das estruturas desenhadas fosse correta, teríamos duas ligações simples mais longas e uma dupla mais curta. Porém, a evidência experimental mostra que todas as ligações no íon nitrato são idênticas, isto é, possuem o mesmo comprimento. Essas ligações têm uma característica intermediária entre uma ligação simples pura e uma ligação dupla pura. Como as três ligações são idênticas, o melhor modelo para representar a espécie seria uma mistura das três estruturas. Costuma-se dizer que o nitrato é um híbrido de ressonância como mostrado a seguir:



Para indicar a ressonância, utiliza-se a seta de duas pontas. Não se deve entender a ressonância como a alternância entre as três espécies. A ideia de alternância está mais associada ao conceito de reação reversível. No caso da ressonância, os elétrons estão deslocalizados; isso significa que em vez de serem compartilhados por apenas dois átomos, esses elétrons estão distribuídos por vários pares de átomos.

ALOTROPIA

Alguns elementos químicos formam diferentes substâncias simples. Esse fenômeno é chamado de alotropia, e as diferentes substâncias simples formadas por certo elemento são chamadas de alótropos ou variedades alotrópicas.

A diferença entre os alótropos pode estar na atômidade ou no arranjo cristalino dos átomos ou das moléculas. Quatro importantes casos de alotropia são discutidos a seguir.

Alotropia no oxigênio

Existem duas variedades alotrópicas importantes do elemento oxigênio. No gás oxigênio, os átomos ligam-se em pares formando moléculas biatômicas (atômidade 2) e, no ozônio, ocorrem moléculas triatômicas (atômidade 3).

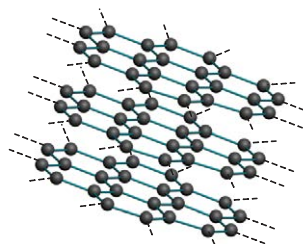
Essas duas substâncias apresentam propriedades químicas e físicas bastante diferentes. O primeiro é essencial para a maioria dos seres vivos, já o segundo é tóxico. Porém, a presença de gás ozônio na estratosfera é importante devido à sua capacidade de absorver radiações ultravioletas nocivas que outros gases não são capazes de reter.

Alotropia no carbono

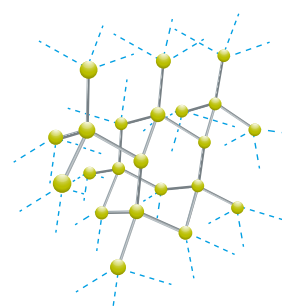
Grafita e diamante são sólidos covalentes que diferem pelo arranjo espacial dos átomos. A grafita é formada por átomos de carbono ligados a outros três, ou seja, com geometria trigonal plana, o que leva à obtenção de estruturas chapadas ou planares com anéis hexagonais. Estas interagem umas com as outras por interações fracas. No diamante, cada átomo liga-se a outros quatro em um arranjo tetraédrico, formando uma rede tridimensional.

Já o fulereno, uma terceira variedade alotrópica importante desse elemento, é um sólido molecular em que o carbono forma moléculas contendo 60 átomos (atômidade 60) ou mais. Os átomos formam um arranjo trigonal plano ligeiramente deformado, com um sistema de anéis de cinco e seis membros.

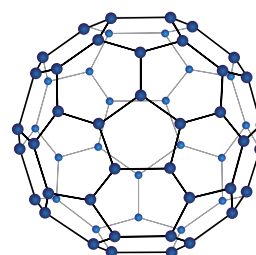
Tanto na grafita quanto no fulereno ocorrem a presença de elétrons deslocalizados, mas apenas a grafita pode conduzir bem a eletricidade.



Grafita



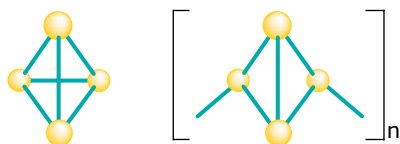
Diamante



Fulereno

Alotropia no fósforo

O fósforo tem dois alótropos importantes. Um é o fósforo branco, que é constituído de átomos ligados a três outros átomos, formando moléculas tetraédricas com quatro átomos cada. É um sólido molecular típico muito reativo, inflama-se espontaneamente em contato com o oxigênio atmosférico e, por isso, deve ser guardado sob água. O fósforo vermelho, por sua vez, é uma espécie de polímero do primeiro. Nessa variedade alotrópica, que é considerada substância covalente, os átomos também se ligam em um arranjo tetraédrico, mas formam longas cadeias.

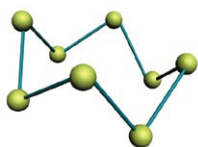


Fósforo branco

Fósforo vermelho

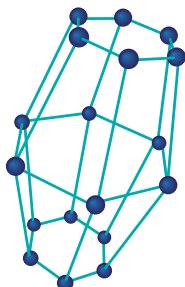
Alotropia no enxofre

As duas variedades alotrópicas mais estudadas do enxofre são substâncias sólidas formadas por moléculas contendo oito átomos cada (atomicidade 8). Na representação a seguir, cada átomo de enxofre, representado por uma esfera, liga-se a dois outros em um arranjo angular, resultando em uma molécula em forma de coroa.

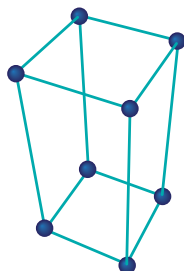


Molécula de enxofre

As duas substâncias diferem entre si pelo tipo de arranjo cristalino de suas moléculas. O enxofre alfa é formado por cristais rômnicos, e o enxofre beta possui cristais monoclinicos. Na figura a seguir, cada molécula S_8 é representada simplificada por uma esfera.



Enxofre alfa (rômnico)



Enxofre beta (monoclinico)

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

- 01.** (PUC-Campinas-SP) A grafita, utilizada na fabricação do lápis, é um mineral constituído por átomos de carbono, assim como o diamante e o fulereno. Essas três substâncias têm propriedades diferentes porque
- são formadas por isótopos de carbono diferentes.
 - possuem tipos de ligação diferentes entre seus átomos.
 - possuem diferentes estruturas cristalinas.
 - são formadas por átomos de carbono com diferentes cargas nucleares.
 - seus átomos de carbono possuem diferentes configurações eletrônicas.

- 02.** (UFPA) Na natureza alguns elementos podem se apresentar sob diferentes formas, conhecidas como variedades alotrópicas. O carbono, por exemplo, pode ser encontrado nas formas cristalinas de grafite, diamante, fulereno. Sobre as propriedades dos alótropos de carbono são feitas as seguintes afirmações:

- O diamante é o menos denso das três variedades de carbono.
- A grafite apresenta uma estrutura lamelar.
- No fulereno cada átomo de carbono está ligado a outros 4 átomos de carbono, formando um tetraedro.
- No diamante, os ângulos de ligação entre os átomos de carbono são de 120° .
- A grafite é boa condutora de eletricidade, porém má condutora de calor.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmação(ões)

- I e III.
- II, IV e V.
- II.
- V.
- III e V.

- 03.** (UECE) Segundo o artigo "Grafeno será o silício do século 21?", do físico Carlos Alberto Santos, publicado na edição *on-line* da revista *Ciência Hoje*, "o grafeno é uma forma de carbono, uma folha com espessura de alguns átomos, constituindo o que é conhecido como estrutura genuinamente bidimensional. Se for enrolado na forma de um canudo, recebe o nome de nanotubo de carbono. Se for manipulado para formar uma bola, é conhecido como fulereno".

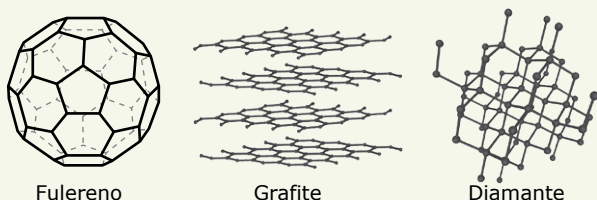
Sobre o carbono e suas formas cristalinas, assinale a única afirmação verdadeira.

- As diversas estruturas como grafite, diamante, grafeno e fulereno são isótopos do carbono.
- O grafeno é tido como o substituto do silício, por ser um semiconductor, ser mais resistente e mais abundante na natureza.
- A estrutura do grafeno apresenta átomos densamente compactados e hibridação do tipo sp^2 .
- A única forma cristalina do carbono que apresenta condutibilidade elétrica é a grafite.

04. (UFG-GO) O Prêmio Nobel de Física de 2010 foi concedido a dois pesquisadores russos, pelos seus estudos com o material denominado "grafeno". O grafeno é constituído de átomos de carbono em uma estrutura de espessura similar às de dimensões atômicas, o que permite sua utilização para a construção de telas de imagens sensíveis ao toque. Esse material é alótropo dos seguintes compostos:

- A) Fulereo e diamante.
- B) Fulereo e baquelite.
- C) Teflon e diamante.
- D) Grafite e teflon.
- E) Grafite e baquelite.

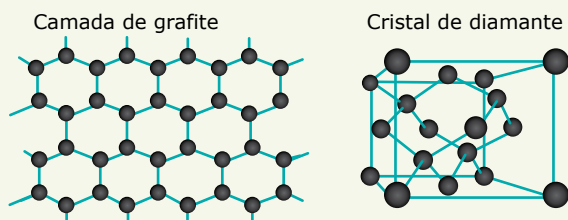
05. (UFPB) Em 1996, o prêmio Nobel de Química foi concedido aos cientistas que descobriram uma molécula com a forma de uma bola de futebol, denominada fulereo (C_{60}). Além dessa substância, o grafite e o diamante também são constituídos de carbono. Os modelos moleculares dessas substâncias encontram-se representados a seguir.



A respeito dessas substâncias, é correto afirmar:

- A) O grafite e o diamante apresentam propriedades físicas idênticas.
- B) O fulereo, o grafite e o diamante são substâncias compostas.
- C) O fulereo, o grafite e o diamante são isótopos.
- D) O fulereo, o grafite e o diamante são alótropos.
- E) O fulereo é uma mistura homogênea de átomos de carbono.

06. (Unimontes-MG) O carbono apresenta dois alótropos de formas cristalinas distintas: o grafite e o diamante, como pode ser observado nas figuras a seguir:



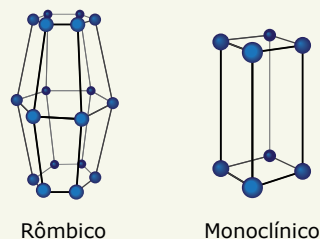
À temperatura ambiente e pressão atmosférica normal, o grafite é a forma estável do carbono. Assim, poderíamos considerar que o diamante, então, naturalmente, transformar-se-ia em grafite; no entanto, isso apenas ocorre à taxa zero ou a uma temperatura de 1 500 °C sob vácuo, para felicidade dos possuidores desse material. Considerando as características desses alótropos, é correto afirmar que

- A) o grafite e o diamante apresentam temperaturas de fusão baixas.
- B) o grafite e o diamante apresentam redes cristalinas covalentes.
- C) o cristal de grafite apresenta uma rede tridimensional irregular.
- D) os átomos de carbono, no diamante, estão unidos em hexágonos.

07. (PUC Minas) São elementos que apresentam formas alotrópicas:

- A) Hidrogênio e oxigênio.
- B) Fósforo e enxofre.
- C) Carbono e nitrogênio.
- D) Cálcio e silício.

08. (UFPel-RS) O enxofre é uma substância simples cujas moléculas são formadas pela união de 8 átomos; logo, sua fórmula molecular é S_8 . Quando no estado sólido, ele forma cristais do sistema rômboico ou monoclínico, conforme figura a seguir:

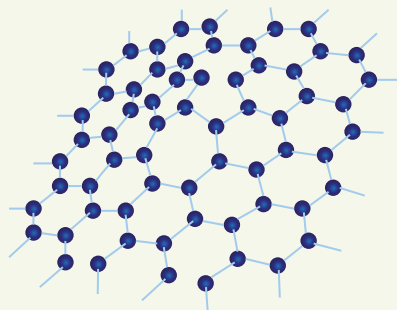


A respeito do enxofre rômboico e do enxofre monoclínico é correto afirmar que eles se constituem em

- A) formas alotrópicas do elemento químico enxofre, cuja fórmula é S_8 .
- B) átomos isótopos do elemento químico enxofre, cujo símbolo é S.
- C) átomos isótopos do elemento químico enxofre, cuja fórmula é S_8 .
- D) formas alotrópicas do elemento químico enxofre, cujo símbolo é S.
- E) formas isobáricas da substância química enxofre, cujo símbolo é S.

EXERCÍCIOS
PROPOSTOS

01. (UFU-MG)

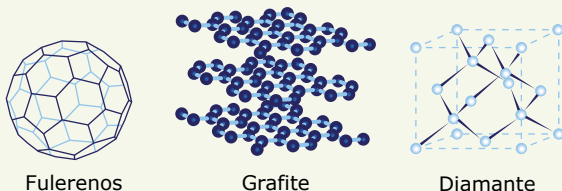


Disponível em: <<http://engenhariacivildauesc.blogspot.com.br/2010/10/e-o-premio-nobel-vai-paraografeno.html>>.
Acesso em: 20 fev. 2014.

A figura anterior ilustra o grafeno: variedade alotrópica do carbono, constituída de uma monocamada de átomos do elemento ligados em arranjo hexagonal. Essa variedade é um exemplo da alotropia do carbono, como também o são

- A) o diamante e o gás carbônico.
- B) o monóxido de carbono e o benzeno.
- C) a grafite e os fulerenos.
- D) o fósforo branco e o fósforo vermelho.

02. (UFU-MG) Observe as representações a seguir e assinale a alternativa correta.



- A) As figuras mostram substâncias que possuem as mesmas propriedades físicas e químicas.
- B) As figuras representam formas alotrópicas do carbono, sendo que a estrutura anterior dos fulerenos pode ser comparada a uma bola de futebol.
- C) As representações indicam que a ligação química entre os átomos de carbono – presentes nos fulerenos, diamante e grafite – é do tipo iônica.
- D) As substâncias representadas nas figuras podem ser classificadas como compostas, pois, por reações químicas, formam outras mais simples.

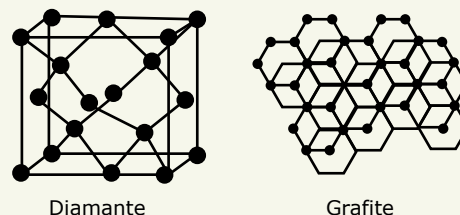
03. (UPE) Diamante e grafite são sólidos covalentes, formados por um único tipo de elemento químico, o carbono, embora apresentem propriedades distintas.

Por exemplo, o diamante é duro, não é condutor elétrico, enquanto a grafite é mole, apresenta condutividade elétrica, sendo, por isso, utilizada em fornos elétricos. As diferentes propriedades evidenciadas nesses sólidos devem-se ao fato de

- A) a ligação química ser mais forte na grafite.
- B) a grafite apresentar moléculas mais organizadas.
- C) a grafite possuir estrutura química diferente do diamante.
- D) a grafite se apresentar na natureza constituída de moléculas discretas.
- E) a quantidade de átomos em 1 mol das variedades alotrópicas do carbono ser diferente.

04.
A60X

(UFF-RJ) “Diamante” é uma palavra que vem do latim e significa “inflexível”. Por isso se diz que os diamantes são eternos. Eles são formados pelo carbono submetido a calor e pressão extremos, a partir de rocha vulcânica. As principais formas alotrópicas do carbono são o grafite e o diamante.



Sobre essas formas alotrópicas, assinale a alternativa correta.

- A) O grafite que apresenta carbono com hibridização sp^3 não conduz eletricidade.
- B) Os átomos de carbono possuem o mesmo tipo de hibridização no diamante e no grafite.
- C) Os átomos de carbono, no diamante, estão separados por ângulos de 180° .
- D) Os átomos de carbono possuem hibridização sp^2 no diamante e sp^3 no grafite.
- E) O diamante possui átomos de carbono com hibridização sp^3 .

05. (PUC-Campinas-SP) O elemento carbono se apresenta em muitas formas alotrópicas. Três dessas são ...x...: diamante, grafita e fulereno; outras, em maior número são ...y... . Diamante, a mais rara e a mais dura variedade alotrópica tem rede ...z..., composta por átomos de carbono formando uma estrutura ...w... .

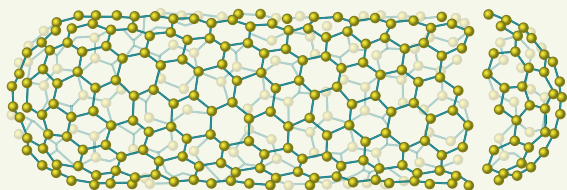
Completa-se corretamente o texto anterior substituindo-se x, y, z e w, respectivamente, por

- A) cristalinas – amorfas – covalente – bidimensional.
- B) cristalinas – amorfas – iônica – monodimensional.
- C) cristalinas – amorfas – covalente – tridimensional.
- D) amorfas – cristalinas – iônica – monodimensional.
- E) amorfas – cristalinas – covalente – bidimensional.

- 06.** (UEM-PR) Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).
H1L8
- Alotropia é o fenômeno onde um mesmo elemento químico forma duas ou mais substâncias simples diferentes.
 - Substâncias alotrópicas apresentam propriedades químicas e físicas idênticas.
 - As moléculas de CO e CO₂ e o íon CO₃²⁻ são consideradas substâncias alotrópicas entre si.
 - O nanotubo de carbono não pode ser considerado um alótropo do carbono, pois apresenta somente carbonos do tipo sp², enquanto o diamante apresenta carbonos do tipo sp³.
 - O alótropo O₂ é mais estável que o ozônio, e a conversão do primeiro para o segundo pode ser conseguida através de descargas elétricas, como relâmpagos.

Soma ()

- 07.** (UFAM) Os nanotubos de carbono, como ilustrado na figura a seguir, são alvo de muitas pesquisas. Entre suas características especiais, conta-se a resistência mecânica superior à do ferro, densidade menor que a do alumínio e estabilidade térmica no vácuo em valores em torno de 1 400 °C. Em relação às duas primeiras características, podemos afirmar, coerentemente e de forma simples, que são devidas, respectivamente, a



- ligações dativas entre os átomos de carbono, que são muito fortes, e ao grande volume do nanotubo em relação à sua massa.
- ligações covalentes existentes entre os átomos de carbono e à pequena massa do nanotubo.
- dificuldade em quebrar ligações covalentes em relação à ligação covalente do ferro e ao grande volume do nanotubo em relação à sua massa.
- ligação metálica dos átomos de carbono e à massa molecular do carbono, que é menor que a do alumínio.
- ligações covalentes dos átomos de carbono aliadas à estrutura espacial única e ao arranjo oco do nanotubo.

- 08.** (UEFS-BA)
X87X

Alótropo de carbono	Dureza (escala de Mohr)	Densidade (g.cm ⁻³)
Diamante, C _{n(s)}	10	3,51
Grafite, C _{n(s)}	<2	2,22

Dado: Um quilate corresponde a 0,20 g.

Os diamantes são um vício. Os iniciados que caem na sedução que emana deles têm diante de pedras poderosas a mesma descarga de adrenalina dos jogadores diante de um lance memorável. O coração dispara, as mãos tremem e, por alguns instantes, nada mais existe no mundo. Da mesma jazida de Letseng, no Lesoto, Sul da África, saíram, nos últimos cinco anos, três diamantes gigantes: o Promesse de Lesoto, 603 quilates, Legado de Letseng, 493 quilates, e Luz de Letseng, 478 quilates. O diamante e o grafite não só possuem aspectos diferentes, como também propriedades diferentes.

A partir dessas informações, é correto afirmar:

- O diamante e o grafite são elementos químicos representados pelo símbolo C_n.
- O maior diamante encontrado em Lesoto possui 6,02 . 10²³ átomos de carbono na estrutura.
- O grafite entra em combustão na presença de oxigênio a altas temperaturas, enquanto o diamante não.
- A dureza elevada do diamante está relacionada ao retículo cristalino tetraédrico formado entre seus átomos.
- O empacotamento no grafite apresenta maior número de átomos de carbono por unidade de volume quando comparado ao do diamante.

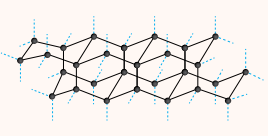
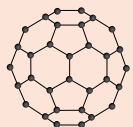
- 09.** (UFPE) Grafite e diamante são substâncias com propriedades bastante distintas, formadas, no entanto, pelo mesmo elemento, o carbono (Z = 6). Sobre essas substâncias, analise as proposições a seguir.
18MD

- A combustão completa de 1 mol de grafite produz 1 mol de dióxido de carbono. O mesmo não acontece com o diamante.
- Grafite e diamante são substâncias simples.
- No diamante, a ligação entre os átomos de carbono é apolar, enquanto que, no grafite, a ligação é polar.
- Por serem formadas pelo mesmo elemento, as duas substâncias apresentam o mesmo ponto de fusão.
- As duas substâncias são variedades alotrópicas do carbono.

- 10.** (UFMG) Carbono é um elemento cujos átomos podem se organizar sob a forma de diferentes alótropos.
4UU3

Considere estas informações e representações de três desses alótropos:

Alótropos	ΔH de combustão a 25 °C / (kJ/mol)	Estrutura
Grafita (C)	-393,5	

Diamante (C)	-395,4	
Fulereo (C ₆₀)	-25 968,0	

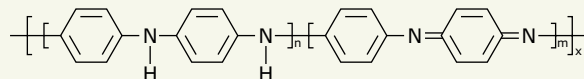
- A) Calcule os calores liberados, em kJ, na combustão de 1 mol de átomos de carbono de grafita e de fulereno. Deixe seus cálculos registrados, explicitando, assim, seu raciocínio.
- B) Indique o número de átomos a que está diretamente ligado um átomo de carbono nas três formas alotrópicas de carbono representadas no quadro anterior.
- C) A queima de um mol de átomos de carbono na forma de fulereno libera uma energia diferente da resultante da queima de um mol de átomos de carbono na forma de grafita. Essa diferença deve-se a uma tensão apresentada pelas ligações na estrutura do fulereno. Considerando os ângulos de ligação nas estruturas de grafita e de fulereno, explique a origem dessa tensão nas ligações do fulereno.
- D) É possível escolher um solvente adequado e, nele, dissolver o fulereno sólido, mas não é possível preparar uma solução de diamante ou de grafita, qualquer que seja o solvente usado.
- Considerando as estruturas dos sólidos, justifique essa diferença de comportamento.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem) A grafita é uma variedade alotrópica do carbono. Trata-se de um sólido preto, macio e escorregadio, que apresenta brilho característico e boa condutibilidade elétrica. Considerando essas propriedades, a grafita tem potência de aplicabilidade em:
- A) Lubrificantes, condutores de eletricidade e cátodos de baterias alcalinas.
- B) Ferramentas para riscar ou cortar materiais, lubrificantes e condutores de eletricidade.
- C) Ferramentas para amolar ou polir materiais, brocas odontológicas e condutores de eletricidade.
- D) Lubrificantes, brocas odontológicas, condutores de eletricidade, captadores de radicais livres e cátodo de baterias alcalinas.
- E) Ferramentas para riscar ou cortar materiais, nanoestruturas capazes de transportar drogas com efeito radioterápico.

- 02.** [Em 1970,] um grupo de químicos descobriu que alguns polímeros eram condutores elétricos. [...] Desde então, começou-se a pensar em fios de plástico, circuitos mais leves, músculos artificiais, entre outros.[...]

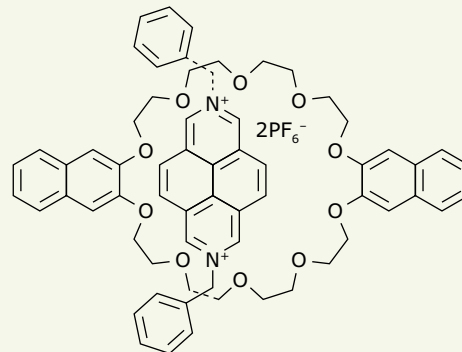
Esses polímeros possuem ligações pi conjugadas, permitindo a mobilidade eletrônica ao longo da cadeia. [...] Polianilina é um dos mais importantes polímeros condutores e tem sido intensamente estudada nos últimos anos.



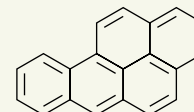
Disponível em: <http://www.profp.com.br/Pol%C3%ADmeros_condutores_eletricidade.htm>. Acesso em: 18 jan. 2010. [Fragmento]

A propriedade condutividade elétrica e a estrutura molecular permitem classificar o polímero polianilina como um composto

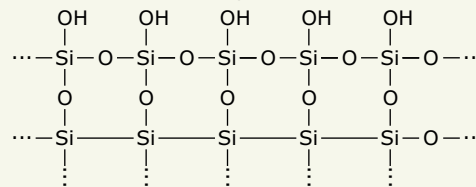
- A) iônico, como o composto:



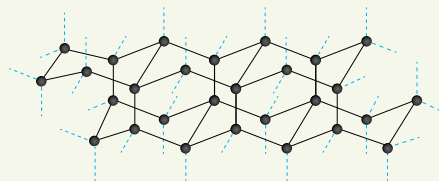
- B) molecular, como o composto:



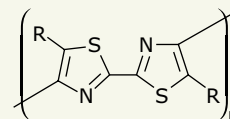
- C) covalente, como o composto:



- D) covalente, como o composto:



- E) molecular, como o composto:

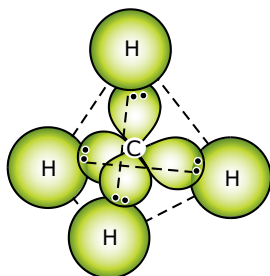


Geometria Molecular e Polaridade das Moléculas

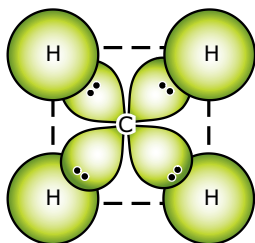
GEOMETRIA MOLECULAR

Em 1940, Sidgwick e Powell sugeriram que a forma geométrica de uma molécula poderia ser determinada pela distribuição, no espaço, dos pares de elétrons, ligantes ou não, do nível de valência de cada átomo. Para que esse arranjo seja estável, a repulsão entre esses pares de elétrons deve ser praticamente nula, e, para que isso ocorra, eles devem situar-se no espaço o mais afastado possível uns dos outros. Essa teoria é conhecida como Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (VSEPR: *Valency Shell Electronic Pairs Repulsion*).

É por isso que o metano, por exemplo, tem estrutura tetraédrica e não quadrada plana. Veja as figuras a seguir:



A estrutura tetraédrica do metano mostra a separação máxima dos pares de elétrons das ligações.

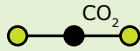
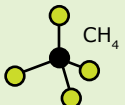
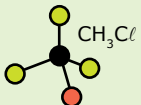
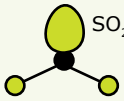

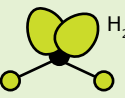
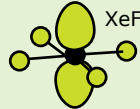
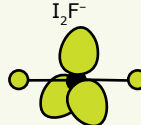
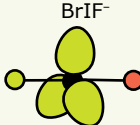
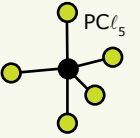
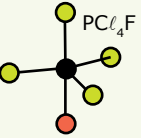
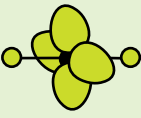
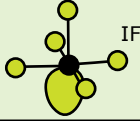
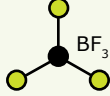
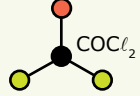

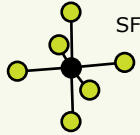
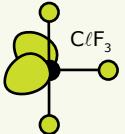
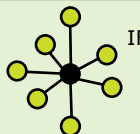


A estrutura hipotética de um quadrado plano para o metano. Quando comparar essa estrutura com a da figura anterior, lembre-se de que todos os átomos na estrutura do quadrado estão num mesmo plano (do papel), ao passo que, na estrutura tetraédrica os átomos estão em três dimensões.

As formas geométricas de moléculas pequenas encontram-se representadas, a seguir, com todas as informações necessárias para identificá-las a partir das fórmulas moleculares.

N. de átomos que se ligam	Geometria molecular	Forma da molécula	Ângulos
2	Linear		180°
3	Linear		180°
	Angular (com presença de elétrons não ligantes no átomo central)		Variável
4	Trigonal plana		120°
	Piramidal (com presença de um par de elétrons não ligantes no átomo central)		Variável
5	Tetraédrica		109°28'
6	Bipirâmide trigonal		120° e 90°
7	Octaédrica		90°
8	Bipirâmide pentagonal		72° e 90°

Exemplos de geometrias de alguns tipos de moléculas

Linear	AX_2		Tetraédrica AX_4	 
Angular	AX_2E		Gangorra AX_4E	
Angular	AX_2E_2		Quadrado AX_4E_2 planar	
Linear	AX_2E_3	 	Bipirâmide AX_5 trigonal	 
Linear	AX_2E_4	 Exemplo desconhecido	Pirâmide AX_5E quadrada	
Trigonal	AX_3	 	Piramidal AX_3E	
Octaédrica	AX_6		Geometria TAX_3E_2	
			Bipirâmide pentagonal AX_7	

 E = Par eletrônico não ligante. X = Grupo ou átomo ligante. A = Átomo central.

Geometria molecular

Esse simulador permite que você conheça as diferentes geometrias que as moléculas podem apresentar. Boa atividade!

HIBRIDIZAÇÃO 

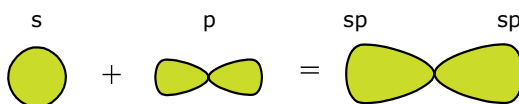
A hibridização, ou hibridação, é a teoria que explica as ligações químicas nas moléculas. Trata-se do processo de combinação de orbitais atômicos num átomo (geralmente o central) de modo a gerar um novo conjunto de orbitais atômicos, os orbitais híbridos.

Características do processo de hibridização

- Ocorre entre orbitais não equivalentes. Os orbitais não são puros, daí sua forma ser geralmente diferente das formas puras.
- O número de orbitais híbridos que se forma é igual ao número de orbitais atômicos que participa do processo de hibridização.
- O processo de hibridização necessita de energia inicial, no entanto, na formação de ligações químicas, a liberação de energia é superior à absorção de energia.
- As ligações covalentes formam-se mediante a sobreposição espacial (coalescência) de orbitais híbridos, ou entre orbitais híbridos e orbitais puros.

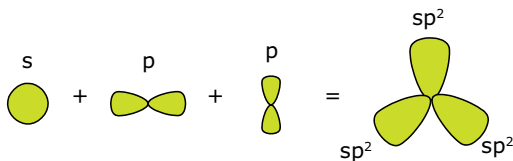
Hibridização sp: Caso do berílio

${}_4\text{Be}: 1s^2 2s^2$



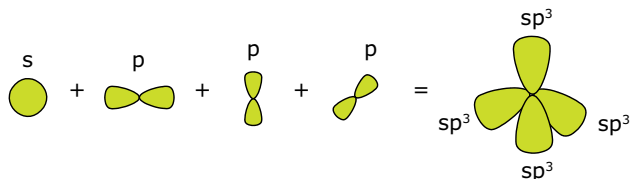
Hibridização sp^2 : Caso do boro

${}_5\text{B}: 1s^2 2s^2 2p^1$



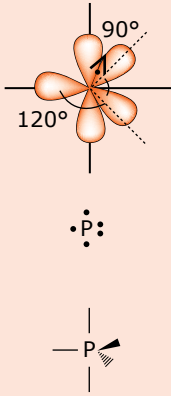
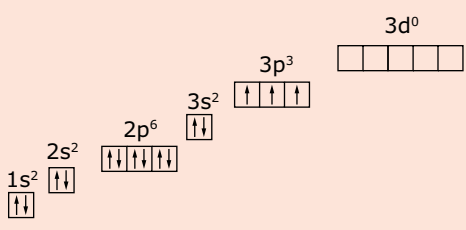
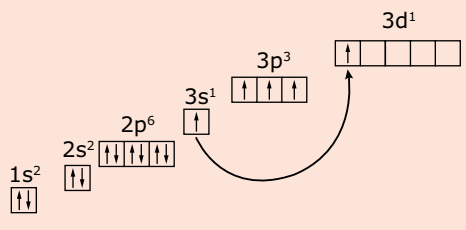
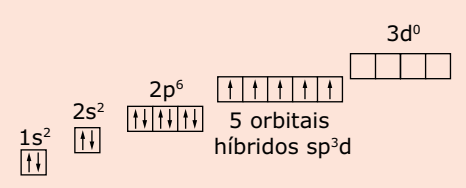
Hibridização sp^3 : Caso do carbono

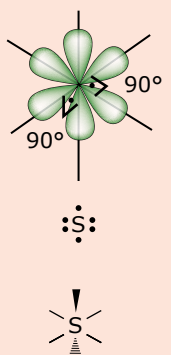
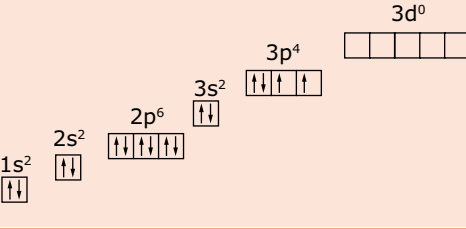
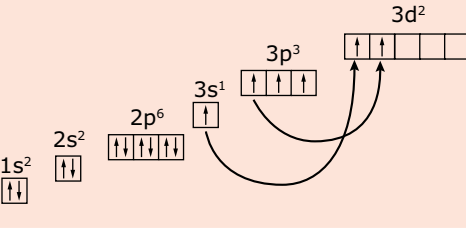
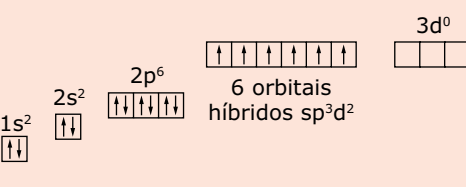
${}_6\text{C}: 1s^2 2s^2 2p^2$



Esquemáticamente, temos:

Hibridização	Estado fundamental	Promoção do elétron	Hibridização
<p>Caso do berílio sp 180°</p> <p>Linear •Be• —Be—</p>			
<p>Caso do boro sp^2 120°</p> <p>Plana •B. B</p>			
<p>Caso do carbono sp^3 109,5°</p> <p>Tetraédrica •C. C</p>			

Hibridização	Estado fundamental
<p>Caso do fósforo sp^3d</p> 	
	<p>Promoção dos elétrons</p> 
	<p>Hibridização</p> 

Hibridização	Estado fundamental
<p>Caso do enxofre sp^3d^2</p> 	
	<p>Promoção dos elétrons</p> 
	<p>Hibridização</p> 

Número de orbitais atômicos combinados	Arranjo eletrônico	Tipo de hibridização	Número de orbitais híbridos ao redor do átomo central
2	Linear	sp	2
3	Trigonal plana	sp ²	3
4	Tetraédrica	sp ³	4
5	Bipirâmide trigonal	sp ³ d	5
6	Octaédrica	sp ³ d ²	6

POLARIDADE DAS MOLÉCULAS

Uma molécula será polar se a soma vetorial de todos os momentos dipolares ($\vec{\mu}$) de suas ligações for diferente de zero. Caso isso não ocorra, a molécula será apolar.

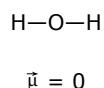
Exemplos:



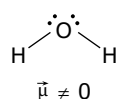
Como o $\vec{\mu}$ (momento dipolar resultante) é obtido por uma soma vetorial, é importante levar em consideração a geometria da molécula para não incorrer em erro.

Exemplo: H₂O

Geometria incorreta molécula apolar

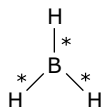


Geometria correta molécula polar



Observe que, no caso de moléculas apolares, estas podem ser formadas por ligações polares.

Exemplo:



*ligação polar molécula apolar

O quadro a seguir apresenta, para as geometrias mais comuns, as possibilidades de polaridade das moléculas.

Geometria	Condição: ligantes ao átomo central	Polaridade
Linear, trigonal plana, tetraédrica e bipiramidal	Iguais	Apolar
	Diferentes	Polar
Angular e piramidal	Iguais ou diferentes	Polar

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UNIFESP) Na figura, são apresentados os desenhos de algumas geometrias moleculares.



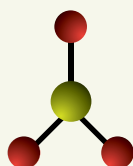
I: linear



II: angular



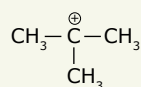
III: piramidal



IV: trigonal

SO_3 , H_2S e BeCl_2 apresentam, respectivamente, as geometrias moleculares

- A) III, I e II. C) III, II e I. E) IV, II e I.
 B) III, I e IV. D) IV, I e II.
- 02.** (UEG-GO) A estrutura a seguir representa um carbocátion terciário, o qual pode ser formado em reações de substituição de haletos de alquila com espécies química nucleofílicas e na presença de solventes adequados.



A análise de sua estrutura permite concluir que essa espécie química apresenta uma geometria

- A) linear. C) tetraédrica.
 B) piramidal. D) trigonal planar.
- 03.** (PUC Minas-2016) A geometria das moléculas pode ser determinada fazendo-se o uso do modelo de repulsão dos pares eletrônicos. Dentre as alternativas a seguir, assinale a que corresponde à combinação correta entre estrutura e geometria.
- A) H_2O – Geometria linear
 B) NH_4^+ – Geometria tetraédrica
 C) CO_2 – Geometria angular
 D) BF_3 – Geometria piramidal

- 04.** (Fatec-SP) As propriedades específicas da água a tornam uma substância química indispensável à vida na Terra. Essas propriedades decorrem das características de sua molécula H_2O , na qual os dois átomos de hidrogênio estão unidos ao átomo de oxigênio por ligações
- A) iônicas, resultando em um arranjo linear e apolar.
 B) iônicas, resultando em um arranjo angular e polar.

- C) covalentes, resultando em um arranjo linear e apolar.
 D) covalentes, resultando em um arranjo angular e apolar.
 E) covalentes, resultando em um arranjo angular e polar.

05.
5P0U

(PUC Minas-2015) As ligações covalentes podem ser classificadas em dois tipos: ligações covalentes polares e ligações covalentes apolares. Observando a polaridade das ligações e a geometria da molécula, somos capazes de verificar se uma molécula será polar ou apolar. Com base nisso, assinale a opção que apresenta moléculas exclusivamente apolares.

- A) HCl , NO_2 e O_2 .
 B) Cl_2 , NH_3 e CO_2 .
 C) Cl_2 , CCl_4 e CO_2 .
 D) CCl_4 , BF_3 e H_2SO_4 .

06.
1XAF

(UFJF-MG) Há duas características que podem definir se uma molécula é ou não polar: a diferença de eletronegatividade entre os átomos ligados e a geometria da molécula.

Com base nessas informações, assinale a alternativa incorreta.

- A) A geometria das moléculas de oxigênio e ozônio é linear, as ligações são apolares e as moléculas são apolares.
 B) A geometria da molécula da água é angular, as ligações entre os átomos são polares e a molécula é polar.
 C) A geometria da molécula de tetracloreto de carbono é tetraédrica, as ligações entre os átomos são polares e a molécula é apolar.
 D) A geometria da molécula do gás carbônico é linear, as ligações entre os átomos são polares e a molécula é apolar.
 E) A geometria da molécula de diclorometano é tetraédrica, as ligações entre os átomos são polares e a molécula é polar.

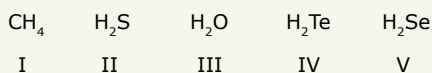
07.
D4TF

(FGV-RJ) O uso dos combustíveis fósseis, gasolina e diesel, para fins veiculares resulta em emissão de gases para a atmosfera, que geram os seguintes prejuízos ambientais: aquecimento global e chuva ácida. Como resultado da combustão, detecta-se, na atmosfera, aumento da concentração dos gases CO_2 , NO_2 e SO_2 .

Sobre as moléculas desses gases, é correto afirmar que

- A) CO_2 é apolar, e NO_2 e SO_2 são polares.
 B) CO_2 é polar, e NO_2 e SO_2 são apolares.
 C) CO_2 e NO_2 são apolares, e SO_2 é polar.
 D) CO_2 e NO_2 são polares, e SO_2 é apolar.
 E) CO_2 e SO_2 são apolares, e NO_2 é polar.

07. (PUC Minas) Considere os compostos:



A ordem decrescente dos ângulos entre os átomos de hidrogênio nos compostos é

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

08. (UCS-RS) O hexafluoreto de enxofre (SF_6) é um gás incolor, inodoro, não inflamável e inerte utilizado como isolante em transformadores de alta tensão elétrica e em equipamentos de distribuição de eletricidade. A respeito do SF_6 , é correto afirmar que

- A) é uma substância apolar, constituída de ligações covalentes polares.
 B) apresenta geometria molecular bipirâmide trigonal.
 C) apresenta átomos de flúor e de enxofre unidos entre si por meio de ligações iônicas.
 D) tem geometria molecular idêntica à da amônia e momento dipolar diferente de zero.
 E) é uma substância simples.

09. (UECE-2016) O tetracloreto de silício é usado na fabricação de silício de qualidade, fibras óticas, semicondutores e células voltaicas. Analisando sua fórmula, pode-se afirmar corretamente que seu momento dipolar

- A) é nulo porque a soma vetorial dos momentos de suas ligações é zero.
 B) é significativo porque o átomo central apresenta baixa eletronegatividade.
 C) é nulo porque se trata de uma estrutura plana.
 D) é significativo porque todas as suas ligações são polares.

10. (UEM-PR) Na brincadeira infantil cabo de guerra, dois grupos ficam "interligados", porque ambos estão puxando a mesma corda. De maneira similar, dois átomos permanecem juntos, porque dois núcleos "puxam" os mesmos elétrons. Essa analogia refere-se às ligações covalentes. Sobre esse conteúdo, assinale o que for correto.

01. A molécula de amônia (NH_3) é polar, pois, de acordo com sua geometria, os vetores das ligações não se anulam ($\mu_r \neq 0$).

02. A molécula de água (H_2O) possui geometria linear, consequentemente, vetor resultante igual a zero.

04. A molécula de dióxido de carbono (CO_2) possui 4 ligações covalentes polares, porém possui caráter apolar.

08. Quando os átomos atraem os elétrons com diferentes intensidades em uma ligação, forma-se um polo positivo ao redor do elemento mais eletronegativo.

16. Os compostos HI, O_2 e AlF_3 possuem ligação iônica, covalente apolar e covalente polar, respectivamente.

Soma ()

11. (IME-RJ) A Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência foi desenvolvida pelo pesquisador canadense Ronald J. Gillespie, em 1957. Essa teoria permite prever a forma geométrica de uma molécula. O modelo descreve que, ao redor do átomo central, os pares eletrônicos ligantes e os não ligantes se repelem, tendendo a ficar tão afastados quanto possível, de forma que a molécula tenha máxima estabilidade. A seguir, são expressas algumas correlações entre nome, geometria molecular e polaridade de algumas substâncias.

Correlação	Nome da substância	Geometria da molécula	Polaridade
I	Ozônio	Angular	Polar
II	Trifluoreto de boro	Trigonal planar	Apolar
III	Dióxido de nitrogênio	Linear	Apolar
IV	Amônia	Pirâmide trigonal	Polar
V	Pentacloro de fósforo	Bipirâmide trigonal	Apolar

Assinale a correlação falsa.

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

12.
996N

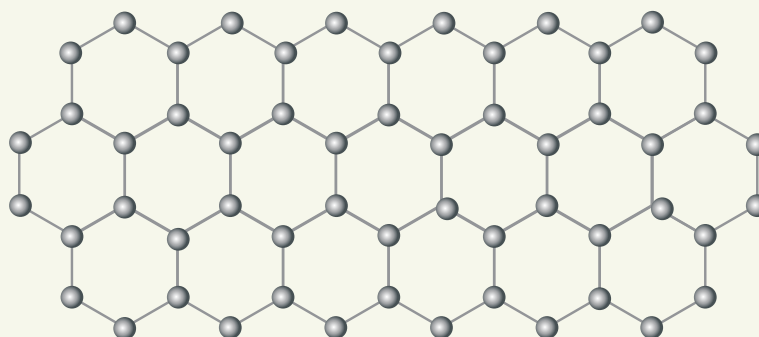
(UFPB) O controle sobre a transformação da matéria culmina na obtenção de novos compostos e promove os avanços tecnológicos atuais. Isso é resultado da compreensão das teorias de ligações químicas, que permite esclarecer os aspectos referentes às interações entre orbitais atômicos, contemplando a orientação de orbitais que se misturam.

De acordo com as estruturas moleculares e considerando a hibridização do átomo central, identifique a alternativa que apresenta corretamente a hibridização e o correspondente tipo de ligação:

	Representação da estrutura molecular (Modelo "de bolas")	Hibridização	Tipo de ligação
A)		sp^3d	σ e π
B)		sp^3	σ
C)		sp^2	σ e π
D)		sp	σ e π
E)		sp^3	π

SEÇÃO ENEM

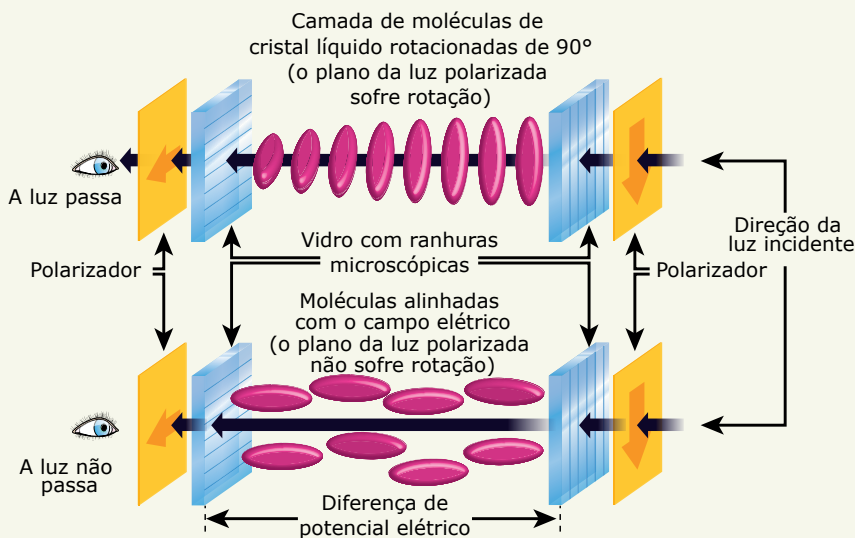
01. (Enem-2018) O grafeno é uma forma alotrópica do carbono constituído por uma folha planar (arranjo tridimensional) de átomos de carbono compactados e com a espessura de apenas um átomo. Sua estrutura é hexagonal, conforme a figura.



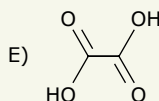
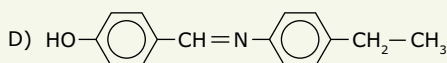
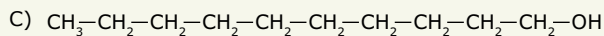
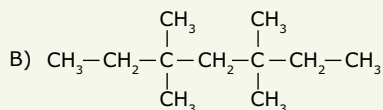
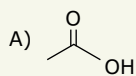
Nesse arranjo, os átomos de carbono possuem hibridização

- A) sp de geometria linear.
- B) sp^2 de geometria trigonal planar.
- C) sp^3 alternados com carbonos com hibridação sp de geometria linear.
- D) sp^3d de geometria planar.
- E) sp^3d^2 com geometria hexagonal planar.

02. Nos *displays* de cristal líquido (LCD), algumas impurezas são inseridas em um material que apresenta comportamento semelhante ao dos materiais em estado líquido, mas que consegue manter uma estrutura cristalina organizada em temperatura ambiente, devido à sua estrutura rígida de eixo alongado. Quando o material está com sua estrutura não perturbada, ele permite a passagem de luz pelo seu meio. Quando se aplica uma tensão de maneira a fazer com que as moléculas de impureza colocadas na substância se movam e sejam orientadas, a estrutura cristalina é perturbada e as características ópticas do material se modificam, bloqueando a luz. Quando cessa o movimento das impurezas, a estrutura cristalina se recompõe, e o material volta a permitir a passagem de luz.



Que substância poderia ser utilizada como impureza em um *display* de cristal líquido?



GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. D
- 03. B
- 04. E
- 05. C
- 06. A
- 07. A
- 08. E

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. A
- 02. C
- 03. C
- 04. D
- 05. A
- 06. B
- 07. B
- 08. A
- 09. A
- 10. Soma = 05
- 11. C
- 12. C

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. D

Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Interações Intermoleculares

Muitas das substâncias presentes na natureza são formadas por átomos que se ligam uns aos outros, por ligações covalentes, formando as moléculas. A água, por exemplo, é uma substância molecular cujas intensas ligações covalentes atuam mantendo unidos os três átomos que compõem sua molécula, uma unidade discreta. Porém, alguma força deve atuar para que as moléculas em um copo de água não se separem umas das outras e se dispersem como um gás. A essa força de atração entre as moléculas dá-se o nome de **interações intermoleculares**, que são as responsáveis por manter unidas as moléculas de água na forma líquida.

No caso de um gás ideal, desconsideramos a existência de ligações ou interações entre as moléculas. Entretanto, muitas substâncias tratadas como gases ideais nas condições ambiente, quando submetidas a pressões mais elevadas e a temperaturas mais baixas, se liquefazem e até se solidificam. Isso comprova a existência de interações intermoleculares até mesmo nessas substâncias.

Muitas substâncias são mantidas no estado sólido por interações intermoleculares. Algumas delas apresentam alto grau de cristalinidade, como a sacarose, ($C_{12}H_{22}O_{11(s)}$), e a ureia, ($(NH_2)_2CO_{(s)}$).

O físico alemão **Johannes Diederik van der Waals** recebeu, em 1910, o prêmio Nobel em Física pelas suas pesquisas com interações intermoleculares em gases reais e líquidos, e, por isso, é comum chamarmos as interações intermoleculares de um modo geral, exceto a ligação de hidrogênio, de **forças de Van der Waals**.

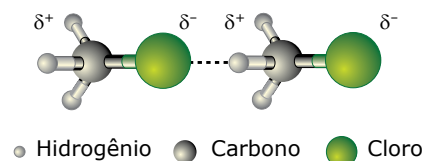
É importante ressaltar que, apesar de estarmos tratando, neste momento, de interações intermoleculares, essas mesmas interações podem aparecer entre grupamentos de uma mesma molécula. Em tal situação, pode-se dizer que são **interações intramoleculares** e podem favorecer um determinado arranjo espacial molecular.

INTERAÇÕES DIPOLO-DIPOLO

As moléculas de muitas substâncias são eletricamente neutras como um todo. No entanto, por fatores como diferença de eletronegatividade e arranjo geométrico, essas mesmas moléculas possuem um dipolo elétrico permanente.

Isso significa que certas regiões dessa molécula têm a densidade eletrônica aumentada, provocando uma carga parcial negativa (ou polo negativo). Em contrapartida, há uma diminuição da probabilidade eletrônica em outras partes das moléculas polares, e, conseqüentemente, surge uma carga parcial positiva (ou polo positivo). Dessa forma, principalmente nos estados líquido e sólido, é muito comum as moléculas polares se alinharem e interagirem umas com as outras por interações eletrostáticas entre dipolos opostos. Essa interação é conhecida como **dipolo-dipolo** ou **dipolo permanente-dipolo permanente**.

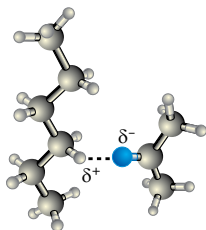
As interações dipolo-dipolo aparecem em todas as substâncias que apresentam **moléculas polares**. São geralmente menos intensas que as ligações entre íons e diminuem a intensidade de forma acentuada com o aumento da distância.



Moléculas de clorometano, CH_3Cl , em uma fase condensada, alinhadas, interagindo por meio de seus polos de cargas opostas. O CH_3Cl é um gás nas condições ambiente, que condensa a $-24\text{ }^\circ\text{C}$ e congela a $-97\text{ }^\circ\text{C}$.

INTERAÇÕES DIPOLO-DIPOLO INDUZIDO

Moléculas que têm dipolos permanentes podem distorcer a distribuição de carga elétrica em outras moléculas vizinhas, mesmo que estas não possuam dipolos permanentes (moléculas apolares), ou seja, a primeira molécula induz o aparecimento de um dipolo elétrico na outra. Essa interação é chamada de **dipolo-dipolo induzido** ou **dipolo permanente-dipolo induzido**. Tal interação aparece apenas em **soluções** e explica o fato de algumas substâncias moleculares polares, como a propanona, $C_3H_6O_{(l)}$, formarem mistura homogênea com outras apolares como o hexano, $C_6H_{14(l)}$.

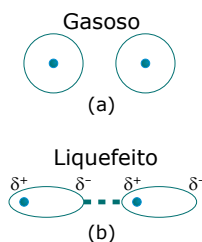


● Hidrogênio ● Oxigênio ● Carbono

Molécula de propanona interagindo com outra de hexano. O polo negativo permanente da primeira molécula repeliu os elétrons da região da segunda, da qual se aproximou, fazendo surgir ali um polo positivo induzido e, conseqüentemente, o polo negativo aparece em outra região da molécula.

INTERAÇÕES DIPOLO INSTANTÂNEO-DIPOLO INDUZIDO

Mesmo em moléculas que não possuem momento de dipolo permanente (moléculas apolares), existe uma força de atração. Esse é o caso do gás nitrogênio, $N_{2(g)}$, e do líquido orgânico benzeno, $C_6H_{6(l)}$. Essas ligações foram reconhecidas, pela primeira vez, pelo físico polonês **Fritz London**, que as relacionou com o movimento eletrônico nas moléculas. London sugeriu que, em um determinado instante, o centro de carga negativa dos elétrons e o de carga positiva do núcleo atômico poderiam não coincidir. Essa flutuação eletrônica poderia transformar as moléculas apolares, tal como o benzeno, em dipolos temporários, mesmo que, após certo intervalo de tempo, a polarização média seja zero. Esses dipolos instantâneos não podem orientar-se para um alinhamento de suas moléculas, mas eles podem induzir a polarização das moléculas adjacentes, resultando em forças atrativas. Estas são conhecidas como **forças de dispersão, forças de London** ou **dipolo instantâneo-dipolo induzido** e estão presentes em todas as moléculas apolares e polares.



Átomos de argônio (a) no estado gasoso e (b) liquefeito. No estado líquido, os átomos interagem-se mais.

As forças de London são as únicas interações intermoleculares no caso das substâncias formadas por **moléculas apolares**, e são importantes também no caso de algumas substâncias moleculares polares. Essas interações tendem a ser mais fracas no caso de moléculas menores.

No entanto, em casos de moléculas grandes, com muitos elétrons, as distorções eletrônicas podem criar dipolos instantâneos mais intensos. Supõe-se que, em tais casos, é maior a possibilidade de polarização instantânea da nuvem eletrônica, com o conseqüente aumento global das interações intermoleculares.

No iodo, por exemplo, as interações intermoleculares são suficientemente intensas para permitir a sua existência no estado sólido à temperatura ambiente, ao contrário do que acontece com os outros halogênios com menor número atômico.

Halogênio	Ponto de fusão normal / °C	Ponto de ebulição normal / °C
F ₂	-219,6	-188,1
Cl ₂	-101,0	-34,6
Br ₂	-7,2	58,8
I ₂	113,5	184,3

LIGAÇÕES DE HIDROGÊNIO

Algumas substâncias apresentam um tipo de interação dipolo-dipolo bastante diferenciada. A água e a amônia, quando comparadas a outros hidretos da mesma família do oxigênio e do nitrogênio, ou mesmo de outras colunas, apresentam temperaturas de ebulição bem elevadas. O que acontece é que átomos de hidrogênio, com geralmente apenas um próton e um elétron, ligam-se a átomos de alta eletronegatividade como os de **flúor, oxigênio** e **nitrogênio**. Como o elétron é fortemente atraído pelo átomo eletronegativo, esse próton encontra-se parcialmente exposto (**próton desprotegido**).

Tal próton pode interagir diretamente com os elétrons de outra molécula, resultando em uma forte rede de interações intermoleculares. Essa interação é chamada de **ligação de hidrogênio** e ocorre sempre entre átomos de hidrogênio fortemente polarizados positivamente e regiões de densidade eletrônica negativa: pode ser o polo negativo de outra molécula, outro grupamento da mesma molécula ou mesmo um íon.

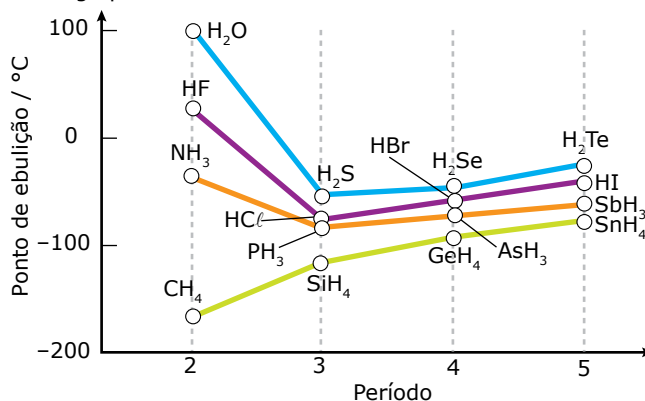
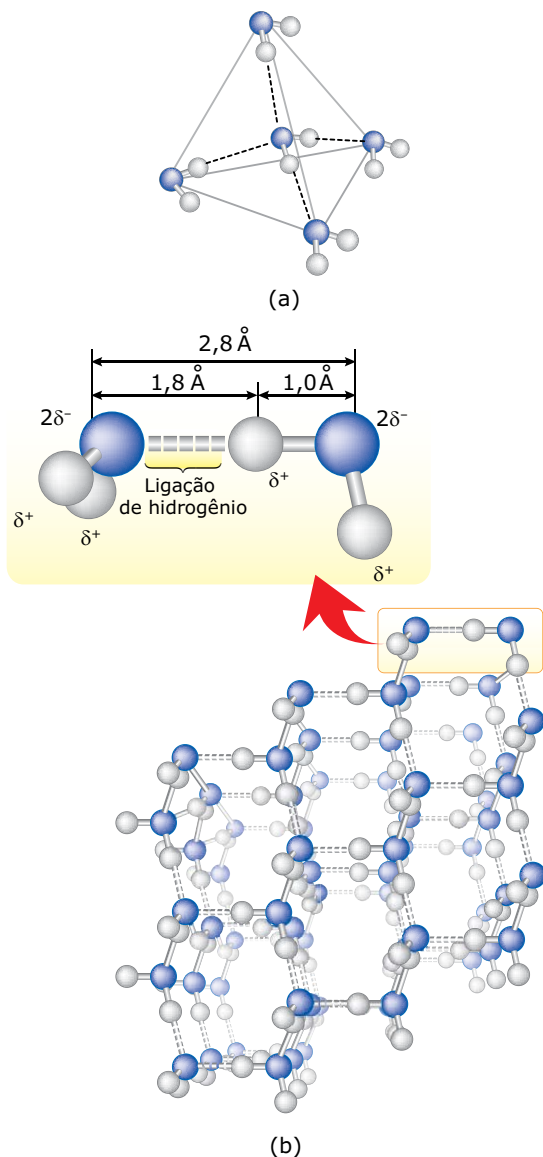


Diagrama mostrando o ponto de ebulição dos hidretos das colunas 14, 15, 16 e 17.



Moléculas de água no estado líquido (a) e na forma de gelo (b).

INTERAÇÕES ÍON-DIPOLO

As interações **íon-dipolo** não são “interações intermoleculares” no sentido literal do termo, pois não ocorrem entre duas moléculas, mas sim entre íons e moléculas – geralmente moléculas polares. Essas são observadas nas **soluções** de substâncias iônicas ou ionizáveis em solventes moleculares, e são muito importantes como forças de solvatação. As interações íon-dipolo são, geralmente, mais intensas que as interações intermoleculares típicas. Comparando-se a interação íon-dipolo com a ligação íon-íon (iônica), nota-se que a primeira apresenta normalmente menor intensidade. Podemos afirmar, também, que as interações íon-dipolo são mais fortes quando o raio iônico é menor e a carga elétrica dos íons é maior.



EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

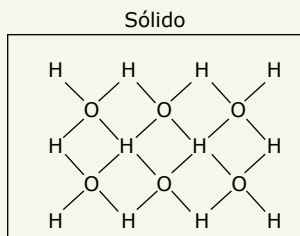
- (UEPG-PR) O nitrogênio, principal constituinte do ar atmosférico, é uma substância apolar que pode ser liquefeita a baixas temperaturas. Nesse estado, as forças que unem as moléculas umas às outras são conhecidas como
 - ligações de hidrogênio.
 - interações dipolo-dipolo.
 - ligações metálicas.
 - pontes bissulfeto.
 - forças de London.
- (PUC Minas) Assinale o tipo predominante de interações entre as moléculas do éter dimetílico.
 - Interações do tipo dipolo permanente / carga.
 - Interações do tipo dipolo induzido / dipolo induzido.
 - Interações do tipo dipolo permanente / dipolo permanente.
 - Interações do tipo dipolo / ligação de hidrogênio.
- (UDESC) XKBØ As principais forças intermoleculares presentes na mistura de NaCl em água, na substância acetona (CH_3COCH_3) e na mistura de etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) em água são, respectivamente,
 - dipolo-dipolo; dipolo-dipolo; ligação de hidrogênio.
 - dipolo-dipolo; íon-dipolo; ligação de hidrogênio.
 - ligação de hidrogênio; íon-dipolo; dipolo-dipolo.
 - íon-dipolo; dipolo-dipolo; ligação de hidrogênio.
 - íon-dipolo; ligação de hidrogênio; dipolo-dipolo.
- (UFMG) NRUD Considere separadamente as substâncias tetracloreto de carbono, água, n-hexano e acetona, listadas na tabela de interações intermoleculares, nessa ordem.

	CCl_4	H_2O	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	CH_3COCH_3
I	Dipolo-dipolo	Ligação de hidrogênio	Dipolo-dipolo	Van der Waals
II	Van der Waals	Dipolo-dipolo	Ligação de hidrogênio	Dipolo-dipolo
III	Van der Waals	Ligação de hidrogênio	Van der Waals	Dipolo-dipolo
IV	Íon-íon	Dipolo-dipolo	Van der Waals	Van der Waals
V	Dipolo-dipolo	Ligação de hidrogênio	Van der Waals	Dipolo-dipolo

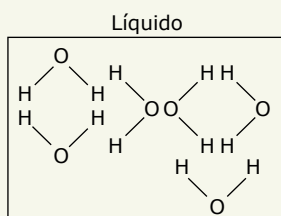
As interações mais fortes entre as espécies constituintes estão indicadas corretamente em

- I.
- II.
- III.
- IV.
- V.

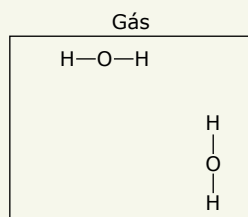
- 05.** (PUC-SP) Em um caderno de estudos encontram-se as seguintes representações do arranjo das moléculas de água em três estados de agregação: sólido, líquido e gasoso.



Fortes ligações de hidrogênio



As interações entre as moléculas de água ainda são fortes



As moléculas de água não apresentam mais interações, pois são apolares

Considerando as propriedades da água e os modelos de ligação química e interações intermoleculares aceitos atualmente pode-se afirmar que

- A) apenas a representação do gelo está correta.
 B) apenas a representação da água líquida está correta.
 C) apenas a representação do vapor de água está correta.
 D) apenas as representações do gelo e do vapor de água estão corretas.
 E) nenhuma das representações está correta.
- 06.** (UFPE) No tocante a ligações de hidrogênio, é correto afirmar que:
- A) ligações de hidrogênio ocorrem somente entre moléculas e nunca dentro de uma mesma molécula.
 B) o ponto de fusão da água é menor que o do sulfeto de hidrogênio, por conta das ligações de hidrogênio, que são muito intensas na molécula de água.
 C) ligações de hidrogênio têm a mesma energia que uma ligação covalente simples.
 D) ligações de hidrogênio podem influenciar na densidade de uma substância.
 E) átomos de hidrogênio ligados covalentemente a átomos de oxigênio não podem participar de ligações de hidrogênio.

- 07.** (UEPG-PR) No que se refere aos pares que apresentam ligações de hidrogênio, assinale o que for correto.

01. Duas moléculas de ureia (N_2H_4CO).
 02. Duas moléculas de HBr.
 04. Uma molécula de ácido acético e outra de água.
 08. Duas moléculas de éter dietílico.

Soma ()

- 08.** (UNITAU-SP) Na coluna da esquerda da tabela a seguir estão descritas algumas substâncias e seus estados físicos. A coluna da direita contém tipos de ligação entre átomos, íons ou moléculas. Assinale a alternativa que apresenta as associações corretas:

Substância	Ligação
1 - O_2 (gasosa)	A - Covalente polar
2 - Água (líquida)	B - Covalente apolar
3 - Argônio (gasosa)	C - Van der Waals
4 - HF (solução líquida)	D - Iônica
5 - $BaSO_4$ (sólida)	E - Ponte de hidrogênio
6 - Álcool (líquida)	
7 - Diamante (sólida)	

- A) 1-B; 2-E; 3-A; 4-B; 5-D; 6-A; 7-B.
 B) 1-D; 2-B; 3-E; 4-A; 5-B; 6-B; 7-C.
 C) 1-B; 2-E; 3-C; 4-E; 5-D; 6-E; 7-B.
 D) 1-C; 2-D; 3-B; 4-D; 5-A; 6-C; 7-E.
 E) 1-B; 2-E; 3-D; 4-C; 5-E; 6-E; 7-B.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UDESC-2016) Forças intermoleculares são responsáveis pela existência de diferentes fases da matéria, em que fase é uma porção da matéria que é uniforme, tanto em sua composição química quanto em seu estado físico. Com base nessas informações, relacione os termos às afirmações que melhor os descrevem.

- (1) Ligações de hidrogênio
 (2) Interações íon-dipolo
 (3) Forças de London
 (4) Interações dipolo-dipolo

- () Podem ocorrer quando sólidos, tais com KCl ou NaI , por exemplo, interagem com moléculas como a água.
- () Podem ocorrer quando elementos com eletronegatividade elevada estão ligados covalentemente com o átomo de hidrogênio.
- () São forças que estão presentes quando temos, por exemplo, uma amostra de acetona (propanona) dissolvida em etanoato de etila.
- () Ocorrem entre compostos não polares, sendo esta uma interação bastante fraca.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta, de cima para baixo.

- A) 2 - 4 - 3 - 1
- B) 4 - 3 - 2 - 1
- C) 2 - 1 - 4 - 3
- D) 4 - 2 - 3 - 1
- E) 3 - 1 - 4 - 2

02.
UH7J

(UFPE) As interações intermoleculares são muito importantes para as propriedades de várias substâncias. Analise as seguintes comparações, entre a molécula de água, H_2O , e de sulfeto de hidrogênio, H_2S .

Dados: ${}_1H$, ${}_8O$, ${}_{16}S$.

- 00. As moléculas H_2O e H_2S têm geometrias semelhantes.
- 01. A molécula H_2O é polar e a H_2S é apolar, uma vez que a ligação $H-O$ é polar, e a ligação $H-S$ é apolar.
- 02. Entre moléculas H_2O , as ligações de hidrogênio são mais fracas que entre moléculas H_2S .
- 03. As interações dipolo-dipolo entre moléculas H_2S são mais intensas que entre moléculas H_2O , por causa do maior número atômico do enxofre.
- 04. Em ambas as moléculas, os átomos centrais apresentam dois pares de elétrons não ligantes.

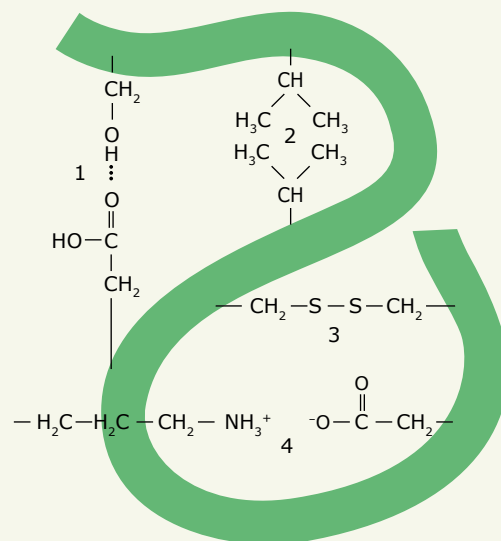
- 03.** (UFPA) Os insetos mostrados na figura não afundam na água devido ao(à)



- A) presença de pontes de hidrogênio, em função da elevada polaridade da molécula de água.
- B) fato de os insetos apresentarem uma densidade menor que a da água.
- C) elevada intensidade das forças de dispersão de London, em consequência da polaridade das moléculas de água.
- D) interação íon-dipolo permanente, originada pela presença de substâncias iônicas dissolvidas na água.
- E) imiscibilidade entre a substância orgânica que recobre as patas dos insetos e a água.

04.
EKMF

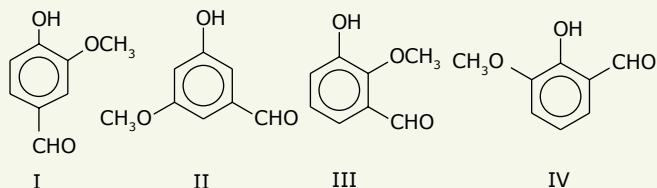
(UAM-SP) A figura representa os tipos de interações que sustentam a estrutura tridimensional formada pelo dobramento das cadeias polipeptídicas que constituem uma enzima.



De acordo com a figura, as interações 1, 2, 3 e 4 são realizadas, respectivamente, à custa de

- A) forças de Van der Waals, atração eletrostática, ligação covalente e ligação de hidrogênio.
- B) ligação de hidrogênio, ligação covalente, forças de Van der Waals e atração eletrostática.
- C) atração eletrostática, ligação covalente, forças de Van der Waals e ligação de hidrogênio.
- D) atração eletrostática, forças de Van der Waals, ligação covalente e ligação de hidrogênio.
- E) ligação de hidrogênio, forças de Van der Waals, ligação covalente e atração eletrostática.

05. (UFMG) A estrutura I representa a vanilina, molécula responsável pelo aroma da baunilha, e as estruturas II, III e IV representam três de seus isômeros:



Todas essas moléculas podem formar ligações de hidrogênio entre grupos pertencentes à mesma molécula, exceto

- A) I
B) II
C) III
D) IV
06. (UFC-CE) A atividade contraceptiva dos DIUs (Diafragmas Intrauterinos) modernos é atribuída, em partes, à ação espermicida de sais de cobre (II) que são gradativamente liberados por esses diafragmas no útero feminino. Quanto aos sais de cobre (II) em meio aquoso, assinale a alternativa correta.
- A) Apresentam interações íon-dipolo.
B) Permanecem no estado sólido.
C) Envolvem interações entre espécies apolares.
D) A configuração eletrônica do íon cobre (II) é $[Ar] 3d^8$.
E) O íon cobre (II) encontra-se na forma reduzida, Cu^{2-} .

07. (UERN) 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, Antônio. *Química*. Série Novo Ensino Médio. São Paulo: Ática, 2005. Volume único. p. 74.

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

Composto	Massa molecular
H_2S	34
H_2Se	81
H_2Te	129

- A) $H_2S < H_2Se < H_2Te$
B) $H_2S < H_2Te < H_2Se$
C) $H_2Te < H_2Se < H_2S$
D) $H_2Te < H_2S < H_2Se$

08. (UNIFICADO-RJ) Um estudante de Química do segundo grau resolveu comparar experimentalmente as diferenças dos pontos de ebulição de quatro ácidos inorgânicos: HF, HCl , HBr e HI. Os resultados desse experimento encontram-se listados na tabela a seguir.

Composto	Ponto de ebulição ($^{\circ}C$)
HF	19,5
HCl	-85,0
HBr	-66,8
HI	-35,1

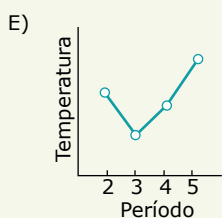
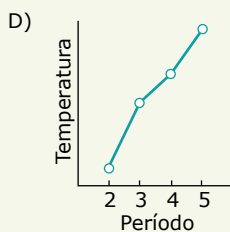
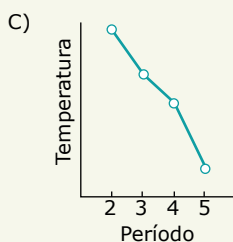
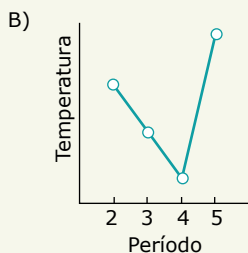
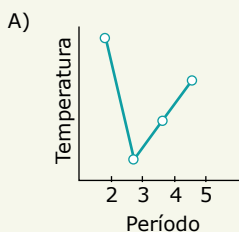
O valor acentuadamente mais elevado do ponto de ebulição do HF ocorre em virtude da

- A) menor eletronegatividade do flúor.
B) ausência de polaridade da substância.
C) maior massa molecular do HF comparada aos demais.
D) formação de ligações de hidrogênio por esta substância.
E) capacidade do HF de formar ligação do tipo iônica intermolecular.
09. (IFG-GO) O tipo de interação intermolecular e a massa molar influenciam na determinação de algumas propriedades das substâncias, como, por exemplo, o ponto de ebulição. De posse dessas informações, analise as afirmações a seguir:
- I. F_2 possui ponto de ebulição maior que o do Cl_2 .
II. O ácido fluorídrico possui menor ponto de ebulição do que o ácido clorídrico.
III. Em condições ambientais, com temperatura de $25^{\circ}C$ e pressão de 1 atm, o gelo-seco (CO_2 sólido) sublima devido ao rompimento das interações do tipo dipolo induzido.
IV. Quando a água no estado líquido evapora, ocorre uma ruptura das ligações de hidrogênio.
- É correto afirmar:
- A) Todos os itens estão corretos.
B) Apenas os itens I e II estão corretos.
C) Apenas os itens III e IV estão corretos.
D) Apenas os itens I e IV estão corretos.
E) Todos os itens estão incorretos.
10. (UFRGS-RS-2016) Em 2015, pesquisadores comprimiram o gás sulfeto de hidrogênio (H_2S) em uma bigorna de diamantes até 1,6 milhão de vezes à pressão atmosférica, o suficiente para que sua resistência à passagem da corrente elétrica desaparecesse a $-69,5^{\circ}C$. A experiência bateu o recorde de "supercondutor de alta temperatura" que era $-110^{\circ}C$, obtido com materiais cerâmicos complexos.

Assinale a afirmação a seguir que justifica corretamente o fato de o sulfeto de hidrogênio ser um gás na temperatura ambiente e pressão atmosférica, e a água ser líquida nas mesmas condições.

- A) O sulfeto de hidrogênio tem uma massa molar maior que a da água.
- B) O sulfeto de hidrogênio tem uma geometria molecular linear, enquanto a água tem uma geometria molecular angular.
- C) O sulfeto de hidrogênio é mais ácido que a água.
- D) A ligação S—H é mais forte que a ligação O—H.
- E) As ligações de hidrogênio intermoleculares são mais fortes com o oxigênio do que com o enxofre.

11. (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.



12. (UEPG-PR) Dadas as fórmulas das substâncias a seguir, com relação às ligações químicas envolvidas em suas moléculas e os tipos de interações existentes entre as mesmas, assinale o que for correto.



- 01. Dentre as substâncias, a que apresenta o maior ponto de ebulição é HF.
 - 02. Todas as moléculas apresentam interações do tipo ligação de hidrogênio.
 - 04. Todas as moléculas apresentam interações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido.
 - 08. Todas as moléculas apresentam ligações covalentes polares.
 - 16. A molécula de CH_4 apresenta uma geometria tetraédrica, enquanto a molécula de PH_3 é piramidal.
- Soma ()

13. (UEPG-PR) A seguir estão relacionados os haleto de hidrogênio e seus respectivos valores de ponto de ebulição (P.E.).

Composto	HF	HCl	HBr	HI
P.E. (°C)	+20	-85	-67	-3

Dados:

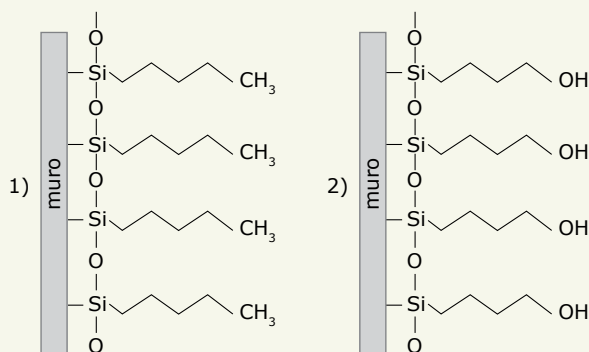
H = 1,00 g/mol; I = 126,9 g/mol; Br = 79,9 g/mol; Cl = 35,5 g/mol.

Com relação a esses haleto e suas propriedades, assinale o que for correto.

- 01. Todos os haleto mostrados anteriormente são gases a temperaturas abaixo de 10 °C.
- 02. As moléculas de HF, HCl , HBr, e HI são unidas por forças dipolo permanente e somente as moléculas de HF são unidas também por pontes de hidrogênio.
- 04. Todos os haleto apresentam ligações covalentes polares.
- 08. A ordem no P.E.: $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl}$ é devido à diferença na massa molar de cada composto.
- 16. O HF apresenta maior P.E., pois este tem na sua estrutura o haleto de menor tamanho, que torna a interação entre as moléculas mais fortes.

Soma ()

14. (Unicamp-SP-2017) Uma alternativa encontrada nos grandes centros urbanos, para se evitar que pessoas desorientadas urinem nos muros de casas e estabelecimentos comerciais, é revestir esses muros com um tipo de tinta que repele a urina e, assim, "devolve a urina" aos seus verdadeiros donos. A figura a seguir apresenta duas representações para esse tipo de revestimento.



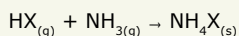
Como a urina é constituída majoritariamente por água, e levando-se em conta as forças intermoleculares, pode-se afirmar corretamente que

- A) os revestimentos representados em 1 e 2 apresentam a mesma eficiência em devolver a urina, porque ambos apresentam o mesmo número de átomos na cadeia carbônica hidrofóbica.
- B) o revestimento representado em 1 é mais eficiente para devolver a urina, porque a cadeia carbônica é hidrofóbica e repele a urina.
- C) o revestimento representado em 2 é mais eficiente para devolver a urina, porque a cadeia carbônica apresenta um grupo de mesma polaridade que a água, e, assim, é hidrofóbica e repele a urina.
- D) o revestimento representado em 2 é mais eficiente para devolver a urina, porque a cadeia carbônica apresenta um grupo de mesma polaridade que a água, e, assim, é hidrofílica e repele a urina.

SEÇÃO ENEM



01. (Enem-2017) Partículas microscópicas existentes na atmosfera funcionam como núcleos de condensação de vapor de água que, sob condições adequadas de temperatura e pressão, propiciam a formação das nuvens e conseqüentemente das chuvas. No ar atmosférico, tais partículas são formadas pela reação de ácidos (HX) com a base NH_3 , de forma natural ou antropogênica, dando origem a sais de amônio (NH_4X), de acordo com a equação química genérica:



FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A.

Fatores ambientais que afetam a precipitação úmida. *Química Nova na Escola*, n. 21, maio 2005 (Adaptação).

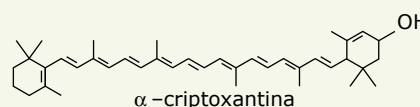
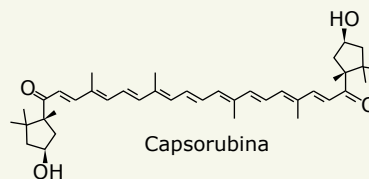
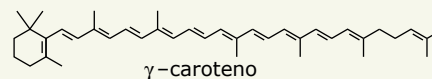
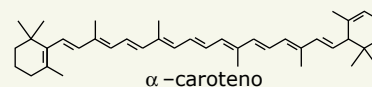
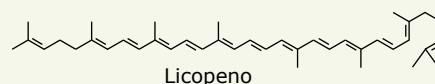
A fixação de moléculas de vapor de água pelos núcleos de condensação ocorre por

- A) ligações iônicas.
- B) interações dipolo-dipolo.
- C) interações dipolo-dipolo induzido.
- D) interações íon-dipolo.
- E) ligações covalentes.

02.
LQVA

(Enem-2017) A cromatografia em papel é um método de separação que se baseia na migração diferencial dos componentes de uma mistura entre duas fases imiscíveis. Os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel. A fase estacionária consiste de celulose praticamente pura, que pode absorver até 22% de água. É a água absorvida que funciona como fase estacionária líquida e que interage com a fase móvel, também líquida (partição líquido-líquido). Os componentes capazes de formar interações intermoleculares mais fortes com a fase estacionária migram mais lentamente.

Uma mistura de hexano com 5% (v/v) de acetona foi utilizada como fase móvel na separação dos componentes de um extrato vegetal obtido a partir de pimentões. Considere que esse extrato contém as substâncias representadas.



RIBEIRO, N. M.; NUNES, C. R. Análise de pigmento de pimentões por cromatografia em papel. *Química Nova na Escola*, n. 29, ago. 2008 (Adaptação).

A substância presente na mistura que migra mais lentamente é o(a)

- A) licopeno. D) capsorubina.
- B) α-caroteno. E) α-criptoxantina.
- C) γ-caroteno.

03.
4FPS

(Enem-2016) O carvão ativado é um material que possui elevado teor de carbono, sendo muito utilizado para a remoção de compostos orgânicos voláteis do meio, como o benzeno. Para a remoção desses compostos, utiliza-se a adsorção. Esse fenômeno ocorre por meio de interações do tipo intermoleculares entre a superfície do carvão (adsorvente) e o benzeno (adsorvato, substância adsorvida).

No caso apresentado, entre o adsorvente e a substância adsorvida ocorre a formação de:

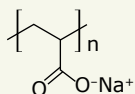
- A) Ligações dissulfeto.
- B) Ligações covalentes.
- C) Ligações de hidrogênio.
- D) Interações dipolo induzido–dipolo induzido.
- E) Interações dipolo permanente–dipolo permanente.

- 04.** (Enem) Um método para determinação do teor de etanol na gasolina consiste em misturar volumes conhecidos de água e de gasolina em um frasco específico. Após agitar o frasco e aguardar um período de tempo, medem-se os volumes das duas fases imiscíveis que são obtidas: uma orgânica e outra aquosa. O etanol, antes miscível com a gasolina, encontra-se agora miscível com a água.

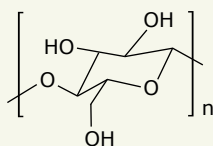
Para explicar o comportamento do etanol antes e depois da adição de água, é necessário conhecer:

- A) A densidade dos líquidos.
- B) O tamanho das moléculas.
- C) O ponto de ebulição dos líquidos.
- D) Os átomos presentes nas moléculas.
- E) O tipo de interação entre as moléculas.

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



(1)



(2)

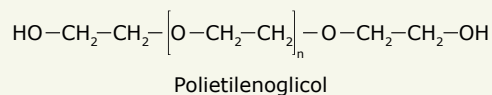
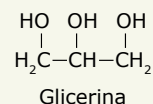
CURI, D. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 23, maio 2006 (Adaptação).

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

- A) interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliácrlato 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 poliácrlato 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 poliácrlato 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 poliácrlato 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 poliácrlato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre celulose e as moléculas de água.

- 06.** (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.

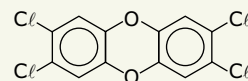


Disponível em: <<http://www.brasilecola.com>>. Acesso em: 23 abr. 2010 (Adaptação).

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.

- 07.** (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 libertação 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:



2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-dioxina (2,3,7,8-TCDD)

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

FADINI, P. S.; FADINI, A. A. B. Lixo: desafios e compromissos. *Química Nova na Escola* – cadernos temáticos. São Paulo, n. 1, maio 2001 (Adaptação).

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

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

08. (Enem) Quando definem moléculas, os livros geralmente apresentam conceitos como: a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades. A partir de definições desse tipo, a ideia transmitida ao estudante é a de que o constituinte isolado (moléculas) contém os atributos do todo.

É como dizer que uma molécula de água possui densidade, pressão de vapor, tensão superficial, ponto de fusão, ponto de ebulição, etc. Tais propriedades pertencem ao conjunto, isto é, manifestam-se nas relações que as moléculas mantêm entre si.

OLIVEIRA, R. J. O mito da substância. *Química Nova na Escola*, n. 1, 1995 (Adaptação).

O texto evidencia a chamada visão substancialista que ainda se encontra presente no ensino da Química. A seguir estão relacionadas algumas afirmativas pertinentes ao assunto.

- I. O ouro é dourado, pois seus átomos são dourados.
- II. Uma substância macia não pode ser feita de moléculas rígidas.
- III. Uma substância pura possui pontos de ebulição e fusão constantes, em virtude das interações entre suas moléculas.
- IV. A expansão dos objetos com a temperatura ocorre porque os átomos se expandem.

Dessas afirmativas, estão apoiadas na visão substancialista criticada pelo autor apenas

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

GABARITO

Meu aproveitamento 

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. C
- 03. D
- 04. C
- 05. E
- 06. D
- 07. Soma = 05
- 08. C

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. C
- 02. V F F F V
- 03. A
- 04. E
- 05. B
- 06. A
- 07. A
- 08. D
- 09. C
- 10. E
- 11. A
- 12. Soma = 21
- 13. Soma = 14
- 14. B

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. D
- 03. D
- 04. E
- 05. E
- 06. E
- 07. D
- 08. D



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Introdução à Termoquímica

As reações químicas têm como um de seus aspectos mais importantes a variação energética que as acompanha.

A energia dos alimentos e a da queima dos combustíveis fósseis, que são utilizados diretamente pelo homem, por exemplo, são fontes secundárias de energia, pois a fonte primária de energia do nosso planeta é o Sol. A energia transferida pelo Sol é acumulada, principalmente, nos vegetais pelo processo fotossintético, em que há a transformação de energia luminosa em energia química (associada a ligações químicas das substâncias).

Quando uma reação química ocorre, há quebra e formação de ligações e, conseqüentemente, liberação ou absorção dessa energia sob a forma de energia térmica.

A Termoquímica é a parte da Termodinâmica que estuda especificamente as quantidades de energia térmica transformadas ou trocadas entre o sistema e o meio durante uma reação química.

Antes de começarmos a estudar os efeitos energéticos que acompanham as reações químicas, são necessários alguns conceitos básicos que vêm a seguir.

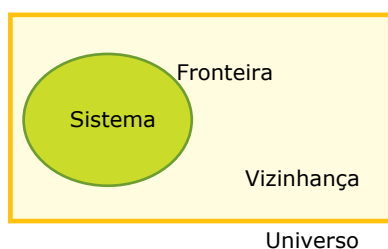
CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Universo, sistema e vizinhança

Tudo aquilo que é objeto de estudo ou de observação será denominado sistema. Os arredores de um sistema são denominados meio ou vizinhança. Existe um limite físico que separa o sistema da vizinhança, a fronteira.

O conjunto formado por sistema, vizinhança e fronteira é denominado universo.

Veja o esquema a seguir.



Tipos de sistemas

Os sistemas podem ser classificados em três tipos: aberto, fechado ou isolado.

Um sistema aberto é aquele que não apresenta fronteiras e pode trocar massa e energia com a vizinhança.

Exemplo: Um copo, sem tampa, com água vaporizando.

Um sistema fechado é aquele que apresenta fronteiras e não pode trocar massa, mas pode trocar energia com a vizinhança.

Exemplos: Um copo, com tampa, com água vaporizando; uma bolsa térmica.

Quando um sistema é isolado, as suas fronteiras não permitem a troca de massa e de energia entre sistema e vizinhança.

Exemplo: Café no interior da cafeteira térmica.

Temperatura

A temperatura é a medida da energia cinética média ou do grau de agitação das partículas formadoras de um sistema. Quanto maior a temperatura, maiores são a energia cinética média e o grau de agitação das partículas de um sistema.

Pelas definições de energia cinética, temos:

- Termodinamicamente: $E_c = KT$
- Mecanicamente: $E_c = \frac{mv^2}{2}$

Igualando-se as duas equações:

$$KT = \frac{mv^2}{2}$$

$$\therefore T \propto v^2$$

A temperatura é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade média das partículas de um sistema. Assim, em relação a dois sistemas A e B, pode-se concluir que:

$$E_{cA} > E_{cB} \therefore T_A > T_B$$

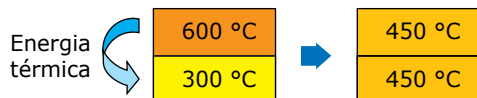
OBSERVAÇÃO

Quando um corpo absorve energia térmica, nem sempre haverá aumento de temperatura, pois esta pode ser utilizada apenas para aumentar a energia potencial de suas partículas sem aumentar a energia cinética.

Calor

A energia térmica trocada entre dois sistemas é denominada calor ou energia calorífica. O calor só é verificado na transmissão de energia entre dois corpos com diferentes temperaturas, sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Dessa forma, podemos redefinir calor classificando-o como energia térmica em trânsito.

Veja o exemplo:



O calor se propaga do corpo de 600 °C para o de 300 °C. Após algum tempo, estabelece-se o equilíbrio térmico entre eles.

Daí, surge o **Princípio Zero da Termodinâmica**.

Dois corpos em contato atingirão o equilíbrio térmico quando possuírem a mesma temperatura, ou seja, a mesma energia cinética média entre suas partículas constituintes.

As unidades de medida de calor são:

- Joule (J) = é a unidade de medida utilizada pelo Sistema Internacional (SI). Um joule (1 J) é o trabalho realizado por uma força de um Newton (1 N), que, ao ser aplicada a um corpo, o deslocará por uma distância de um metro na direção de aplicação da força.

$$1 \text{ kJ} = 1\ 000 \text{ J}$$

- Caloria (cal) = uma caloria é a quantidade de calor necessária para elevar de 1 °C a temperatura de 1 g de água de 14,5 °C para 15,5 °C.

$$1 \text{ kcal} = 1\ 000 \text{ cal}$$

Fatores de conversão:

$$1 \text{ J} = 0,239 \text{ cal}$$

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$

Observe que há equivalência entre energia e trabalho na definição de joule, porque, apesar de não ser definida, a energia pode ser conceituada como a capacidade de realizar trabalho.

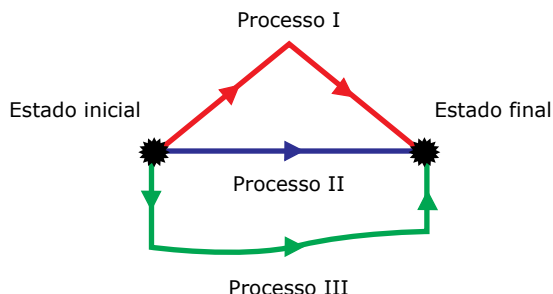
Entalpia (H)

Como a maioria das reações químicas ocorre em sistemas abertos em contato com a atmosfera, e admitindo-se que a pressão atmosférica se mantém constante no local onde se realiza a reação, o calor trocado entre o sistema e a vizinhança é denominado entalpia.

Entalpia = Calor à pressão constante

A entalpia de um sistema corresponde à energia cinética de suas moléculas e à energia potencial dos elétrons e dos núcleos dos átomos formadores das moléculas. Após uma transformação, a entalpia do sistema é alterada.

A entalpia é uma função de estado, pois é uma grandeza que não depende dos estados intermediários pelos quais passa a reação, mas sim de seus estados inicial e final.



Definiremos variação de entalpia (ΔH) como:

$$\Delta H = H_{\text{final}} - H_{\text{inicial}}$$

Para os processos I, II e III, temos o mesmo ΔH , pois os estados final e inicial são os mesmos. Em uma reação, o estado final corresponde aos produtos, e o estado inicial corresponde aos reagentes.

$$\text{inicial} = \text{final}$$

$$\text{reagentes} = \text{produtos}$$

Assim:

$$\Delta H = H_{\text{produtos}} - H_{\text{reagentes}}$$

REAÇÕES EXOTÉRMICAS E ENDOTÉRMICAS



Em reações químicas, o ΔH pode assumir os seguintes valores: $\Delta H > 0$ ou $\Delta H < 0$, o que determina o tipo de reação, endotérmica ou exotérmica, respectivamente.

OBSERVAÇÃO

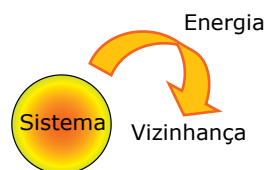
Em uma reação, o ΔH não poderá ser igual a zero, pois, se isso ocorrer, o conteúdo energético total dos reagentes e dos produtos será o mesmo, o que só ocorrerá se os produtos e os reagentes forem iguais. Isso acontecerá quando não houver uma reação, já que os reagentes não se transformaram.

Exotérmicas

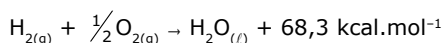
Reações exotérmicas são aquelas que liberam energia térmica. Os reagentes são mais energéticos do que os produtos. A energia liberada pelo sistema promove o aumento da temperatura do meio.

$$\Delta H < 0, \text{ logo } H_p < H_r$$

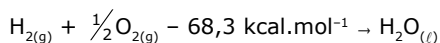
Esquema:



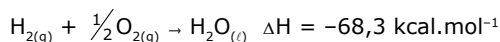
Representação por meio de equações:



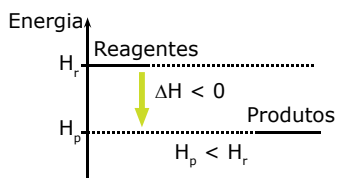
ou



ou ainda



Representando essa reação em um sistema de coordenadas, temos:



Durante as reações exotérmicas, a energia potencial média das partículas formadoras do sistema diminui. Consequentemente, ocorre um aumento da energia cinética média das partículas formadoras do sistema e, portanto, um aumento da temperatura do sistema. Como a temperatura do sistema é maior do que a temperatura da vizinhança, parte da energia cinética do sistema é liberada para a vizinhança, diminuindo a temperatura do sistema e aumentando a temperatura da vizinhança, até que haja o equilíbrio térmico entre os dois.

Após o estabelecimento do equilíbrio térmico, as temperaturas do sistema e da vizinhança são iguais, porém, maiores do que as suas temperaturas iniciais.

Ou seja,

um processo exotérmico aumenta a temperatura do sistema e a da vizinhança.

Endotérmicas

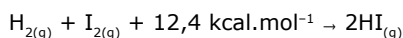
Reações endotérmicas são aquelas que absorvem energia térmica. Os reagentes são menos energéticos que os produtos. A energia absorvida pelo sistema promove a diminuição da temperatura da vizinhança.

$$\Delta H > 0, \text{ logo } H_p > H_r$$

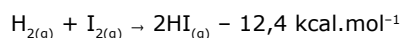
Esquema:



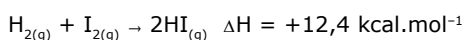
Representação por meio de equações:



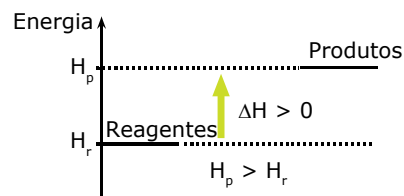
ou



ou ainda



Representando essa reação em um sistema de coordenadas, temos:



Durante as reações endotérmicas, a energia potencial média das partículas formadoras do sistema aumenta. Consequentemente, ocorre uma diminuição da energia cinética média das partículas formadoras do sistema e, portanto, uma diminuição da temperatura do sistema. Como a temperatura do sistema é menor do que a temperatura da vizinhança, parte da energia cinética da vizinhança é absorvida pelo sistema, aumentando a temperatura do sistema e diminuindo a da vizinhança, até que haja o equilíbrio térmico entre os dois.

Após o estabelecimento do equilíbrio térmico, as temperaturas do sistema e da vizinhança são iguais, porém, menores do que as suas temperaturas iniciais.

Ou seja,

um processo endotérmico diminui a temperatura do sistema e a da vizinhança.



Processos endotérmicos e exotérmicos

Ao assistir aos vídeos "Processos endotérmicos" e "Processos exotérmicos", fique atento para a conservação da energia interna que ocorre em sistemas isolados. Após a fronteira ser retirada, observe as trocas de energia cinética entre o sistema e a vizinhança e como isso influencia nas temperaturas do sistema e da vizinhança. Boa atividade!

A5W1

K1JX

Variação de energia térmica em processos físicos

Os processos físicos que ocorrem com variação de temperatura são classificados como exotérmicos ou endotérmicos.

Nos processos físicos endotérmicos, ocorre um aumento na energia potencial do sistema devido à diminuição da intensidade das interações coesivas entre as partículas que o formam. Caso o sistema seja isolado durante o processo físico endotérmico, ocorrerá uma diminuição da energia cinética média das partículas e, consequentemente, de sua temperatura.

Exemplo: A vaporização da água.

Nos processos físicos exotérmicos, ocorre uma diminuição na energia potencial do sistema devido ao aumento da intensidade das interações coesivas entre as partículas que o formam. Caso o sistema seja isolado durante o processo físico exotérmico, ocorrerá um aumento da energia cinética média das partículas e, consequentemente, de sua temperatura.

Exemplo: A condensação do vapor de água.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (IFRS-2015) A respeito dos fenômenos térmicos, analise as afirmações a seguir.

- I. Em locais muito frios, é conveniente a instalação de sistemas de calefação para aquecer os ambientes. É recomendado que esse sistema seja instalado na parte superior da parede do ambiente para que o ar quente possa circular com mais facilidade.
- II. Quando as mãos são atritadas, aumenta a energia cinética das moléculas em fricção, o que provoca uma elevação de temperatura das mãos.
- III. Equilíbrio térmico é a situação caracterizada pela igualdade entre a temperatura dos corpos em contato.
- IV. Calor é a energia transferida de um corpo para o outro em função da diferença de temperatura entre esses corpos.
- V. O conceito de calor está relacionado com a sensação térmica, ou seja, um dia em que a temperatura ambiente está em torno de 36 °C, apresenta um alto índice de calor.

Estão corretas apenas

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

02. (UERJ) As equações químicas a seguir representam reações de síntese, realizadas em diferentes condições, para a obtenção de uma substância hipotética XY.

- I. $X_{2(g)} + Y_{2(g)} \rightarrow 2XY_{(l)} + Q_1$
- II. $X_{2(g)} + Y_{2(g)} \rightarrow 2XY_{(s)} + Q_2$
- III. $X_{2(g)} + Y_{2(g)} \rightarrow 2XY_{(g)} + Q_3$

Considere Q_1 , Q_2 e Q_3 as quantidades de calor liberadas, respectivamente, nas reações I, II e III. A relação entre essas quantidades está expressa na seguinte alternativa:

- A) $Q_1 > Q_2 > Q_3$
- B) $Q_2 > Q_1 > Q_3$
- C) $Q_3 > Q_1 > Q_2$
- D) $Q_3 > Q_2 > Q_1$

03. (UFMG) Ao se sair molhado em local aberto, mesmo em dias quentes, sente-se uma sensação de frio. Esse fenômeno está relacionado com a evaporação da água que, no caso, está em contato com o corpo humano.

Essa sensação de frio explica-se corretamente pelo fato de que a evaporação da água

- A) é um processo endotérmico e cede calor ao corpo.
- B) é um processo endotérmico e retira calor do corpo.
- C) é um processo exotérmico e cede calor ao corpo.
- D) é um processo exotérmico e retira calor do corpo.

04. (Fatec-SP-2015) Fazer a mala para uma viagem poderá ser tão simples como pegar algumas latas de *spray*, que contenham uma mistura de polímero coloidal, para fazer suas próprias roupas "*spray-on*". Tanto faz se é uma camiseta ou um traje noturno, o tecido "*spray-on*" é uma novidade para produzir uma variedade de tecidos leves. A fórmula consiste em fibras curtas interligadas com polímeros e um solvente que produz o tecido em forma líquida. Esse tecido provoca uma sensação fria ao ser pulverizado no corpo, mas adquire a temperatura corporal em poucos segundos. O material é pulverizado diretamente sobre a pele nua de uma pessoa, onde seca quase instantaneamente.



Disponível em: <<http://tinyurl.com/qermcv6>>. Acesso em: 29 ago. 2014. Original colorido (Adaptação).

A sensação térmica provocada pelo tecido "*spray-on*", quando pulverizado sobre o corpo, ocorre porque o solvente

- A) absorve calor do corpo, em um processo endotérmico.
- B) absorve calor do corpo, em um processo exotérmico.
- C) condensa no corpo, em um processo endotérmico
- D) libera calor para o corpo, em um processo exotérmico.
- E) libera calor para o corpo, em um processo endotérmico.

05. (UEA-AM) Considere algumas características do Teatro Amazonas.



Disponível em: <g1.globo.com>. Acesso em: 04 nov. 2016.

A cúpula do teatro é composta de 36 mil peças de escamas em cerâmica esmaltada e telhas vitrificadas, vindas da Alsácia. Foi adquirida na Casa Koch Frères, em Paris. A pintura ornamental é da autoria de Lourenço Machado. O colorido original, em verde, azul e amarelo, é uma analogia à exuberância da bandeira brasileira.

Disponível em: <www.culturamazonas.am.gov.br>. Acesso em: 04 nov. 2016.

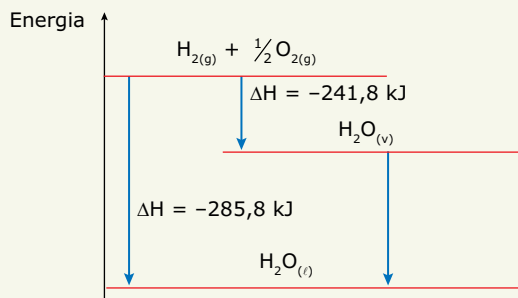
Sob o chão, câmaras eram usadas para armazenar gelo que, com o vento que vinha por meio de tubos do lado de fora, saía por debaixo das cadeiras e servia como o ar-condicionado da época. Segundo os administradores do local, o gelo, na verdade, era neve que vinha de navio da Europa.

Disponível em: <www.gazetaonline.globo.com>. Acesso em: 04 nov. 2016.

O princípio de funcionamento dessa espécie de ar-condicionado baseia-se no fato de o gelo sofrer uma

- A) decomposição exotérmica, que libera energia para o ambiente.
- B) decomposição endotérmica, que absorve energia do ambiente.
- C) mudança de estado exotérmica, que absorve energia do ambiente.
- D) mudança de estado endotérmica, que libera energia para o ambiente.
- E) mudança de estado endotérmica, que absorve energia do ambiente.

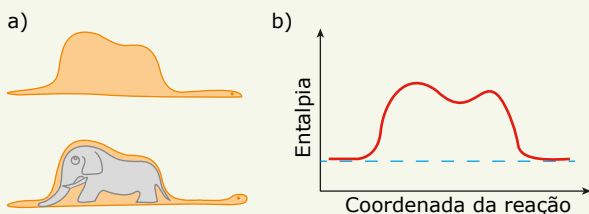
06. (UCB-DF) Numa sauna a vapor, o calor envolvido na condensação do vapor de água é, em parte, responsável pelo aquecimento da superfície da pele das pessoas que estão em seu interior, de acordo com o diagrama a seguir:



De acordo com as informações fornecidas, o que ocorrerá na transformação de 1 mol de água vaporizada em 1 mol de água líquida?

- A) Liberação de 44 kJ
- B) Absorção de 44 kJ
- C) Liberação de 527,6 kJ
- D) Absorção de 527,6 kJ
- E) N.d.a

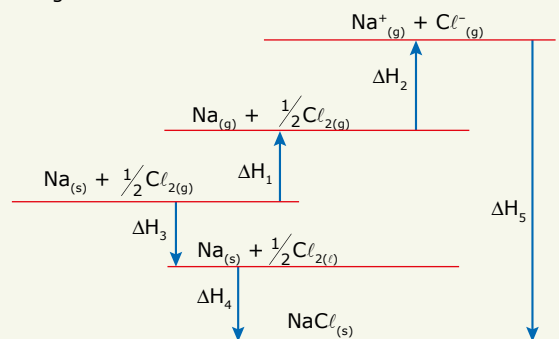
07. (Unicamp-SP-2018) O livro *O Pequeno Príncipe*, de Antoine de Saint-Exupéry, uma das obras literárias mais traduzidas no mundo, traz ilustrações inspiradas na experiência do autor como aviador no norte da África. Uma delas, a figura (a), parece representar um chapéu ou um elefante engolido por uma jiboia, dependendo de quem a interpreta.



Para um químico, no entanto, essa figura pode se assemelhar a um diagrama de entalpia, em função da coordenada da reação (figura b). Se a comparação for válida, a variação de entalpia dessa reação seria

- A) praticamente nula, com a formação de dois produtos.
- B) altamente exotérmica, com a formação de dois produtos.
- C) altamente exotérmica, mas nada se poderia afirmar sobre a quantidade de espécies no produto.
- D) praticamente nula, mas nada se poderia afirmar sobre a quantidade de espécies no produto.

08. (Unicastelo-SP) Analise o diagrama de entalpia a seguir.



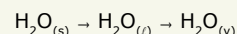
São transformações endotérmicas:

- A) Vaporização do cloro líquido e formação do cloreto de sódio sólido.
- B) Liquefação do cloro gasoso e vaporização do cloreto de sódio sólido.
- C) Liquefação do cloro gasoso e ionização do sódio sólido.
- D) Ionização do sódio gasoso e vaporização do cloreto de sódio sólido.
- E) Solidificação do sódio gasoso e ionização do cloro gasoso.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



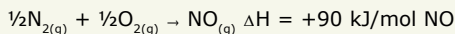
01. (UEPG-PR) Considerando a mudança de estado físico da água, assinale o que for correto.



- 01. A ordem de entalpia da água é $H_2O_{(s)} < H_2O_{(l)} < H_2O_{(v)}$.
 - 02. A fusão e a vaporização são processos endotérmicos.
 - 04. Na condensação, a energia final é maior do que a energia antes da mudança de estado.
 - 08. No processo de formação de cubos de gelo há perda de energia na forma de calor, com $\Delta H < 0$.
 - 16. A entalpia de vaporização é positiva ($\Delta H > 0$).
- Soma ()

02. (FACISB) Oxigênio, nitrogênio e hélio são gases utilizados em ambientes hospitalares com diversas aplicações em sistemas de manutenção da vida. Em geral, são fornecidos em cilindros, sob pressão.

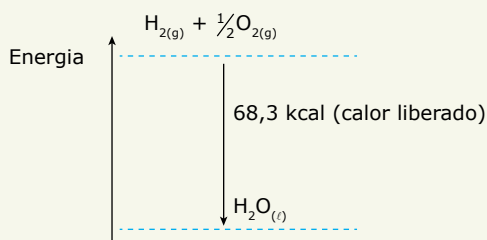
Considere a reação:



A equação que descreve corretamente a reação, incluindo os aspectos termoquímicos nela envolvidos, é:

- A) $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 90 \text{ kJ}$
- B) $\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow NO_{(g)} + 180 \text{ kJ}$
- C) $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 90 \text{ kJ} \rightarrow 2NO_{(g)}$
- D) $N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180 \text{ kJ} \rightarrow 2NO_{(g)}$
- E) $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{(g)} + 180 \text{ kJ}$

03. (UECE) Normalmente uma reação química libera ou absorve calor. Esse processo é representado no seguinte diagrama, considerando uma reação específica.



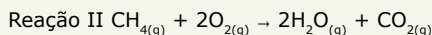
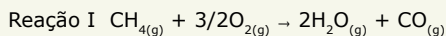
Com relação a esse processo, assinale a equação química correta.

- A) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_{2O(l)} - 68,3 \text{ kcal}$
- B) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow H_{2O(l)} + 68,3 \text{ kcal}$
- C) $H_{2O(l)} - 68,3 \text{ kcal} \rightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$
- D) $H_{2O(l)} \rightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} + 68,3 \text{ kcal}$

04. (UFMG) A queima de metano na presença de oxigênio pode produzir duas substâncias distintas que contêm carbono:

- Monóxido de carbono, produzido pela combustão incompleta do metano; e
- Dióxido de carbono.

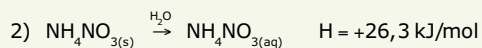
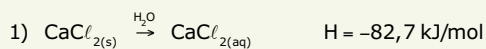
As equações químicas dessas reações são:



Considerando-se essas reações, é correto afirmar que

- A) ambas são exotérmicas e a quantidade de calor liberado em I é menor que em II.
- B) ambas são endotérmicas e a quantidade de calor absorvido em I é menor que em II.
- C) ambas são endotérmicas e a quantidade de calor absorvido em II é menor que em I.
- D) ambas são exotérmicas e a quantidade de calor liberado em II é menor que em I.

05. (Mackenzie-SP)
RPWI



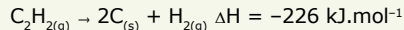
Uma aplicação interessante do calor de dissolução são as compressas de emergência (saco plástico com cloreto de cálcio ou nitrato de amônio e ampola de água), usadas em atletas com contusões. Da dissolução das substâncias em água, tal como equacionadas anteriormente, fazem-se as afirmações:

- I. O cloreto de cálcio é usado em compressas quentes.
- II. O nitrato de amônio é usado em compressas frias.
- III. A equação 1 representa uma reação exotérmica.

Dessas afirmações,

- A) somente I está correta.
- B) somente II está correta.
- C) somente I e III estão corretas.
- D) somente I e II estão corretas.
- E) I, II e III estão corretas.

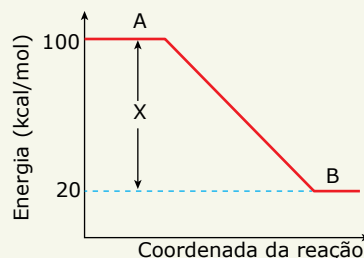
06. (IFG-GO) O acetileno, conhecido pela nomenclatura IUPAC por etino, apresenta uma queima extremamente exotérmica, o qual é bastante utilizado em processos de soldagem, corte de metais por maçarico e em diversos processos que requeiram alta temperatura. Sua reação de decomposição pode ser representada pela seguinte equação balanceada:



Em relação a essa equação, é correto afirmar:

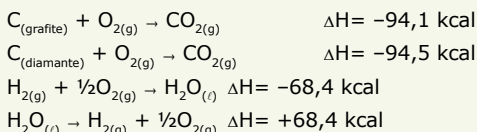
- A) Há uma liberação de calor, constituindo-se uma reação endotérmica.
- B) 2 mol de acetileno produzem 226 kJ.mol⁻¹ de calor.
- C) A entalpia dos produtos é igual à dos reagentes.
- D) Ocorre a liberação de calor, constituindo-se uma reação exotérmica.
- E) Invertendo-se a equação, a quantidade de calor envolvida na reação e o sinal da entalpia não se alteram.

07. (UEPG-PR) Durante a Guerra do Golfo, os soldados aqueciam seus alimentos utilizando-se de recipientes de plástico que continham magnésio metálico. Para que houvesse o aquecimento, pequenas quantidades de água eram adicionadas ao magnésio, produzindo hidróxido de magnésio e hidrogênio. O diagrama de entalpia dessa reação é mostrado na figura a seguir. Com relação a esse diagrama, assinale o que for correto.



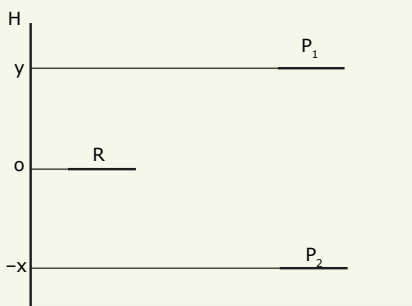
01. A reação do magnésio com a água é exotérmica.
 02. A entalpia da reação é de $\Delta H = -80$ kcal/mol.
 04. O valor de X representa a variação de entalpia da reação.
 08. A representa os reagentes da reação, $Mg_{(s)}$ e $H_2O_{(l)}$ e B os produtos $Mg(OH)_{2(s)}$ e $H_{2(g)}$.
 16. A diminuição da entalpia de A para B indica que houve liberação de calor.
 Soma ()

08. (UEPG-PR) Com relação às equações a seguir, assinale o que for correto.



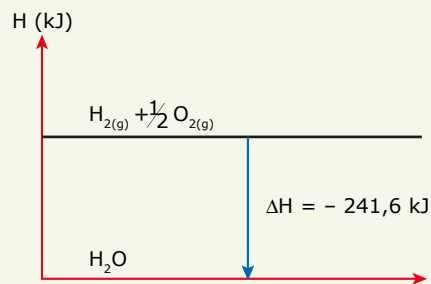
01. Considerando os valores de entalpia, pode-se afirmar que a variedade alotrópica $C_{(diamante)}$ é mais estável que $C_{(grafite)}$.
 02. O valor de ΔH na equação de formação da água significa que houve liberação de 68,4 kcal/mol.
 04. O carbono, na forma grafite ou diamante, ao reagir com $O_{2(g)}$, forma o mesmo produto com diferentes valores de ΔH .
 08. A decomposição da molécula de água consiste em processo exotérmico.
 Soma ()

09. (UEG-GO-2015) O gráfico a seguir representa a variação de entalpia para uma reação genérica que pode levar à formação dos produtos P_1 e P_2 a partir do reagente R.



- A análise do gráfico permite concluir que a
 A) reação libera energia para produção de P_1 .
 B) produção de P_2 é um processo endotérmico.
 C) variação de entalpia para formação de P_1 é y.
 D) reação que leva a P_2 ocorre com maior rendimento.

10. (UCS-RS) Atualmente, a indústria automobilística busca o desenvolvimento de motores que utilizam combustíveis alternativos (GNV, álcool, biodiesel, gás hidrogênio). Dentre esses, o H_2 é considerado o combustível que não causa poluição. O gráfico seguinte representa a combustão do gás hidrogênio.



USBERCO, J.; SALVADOR, J. *Química*, 2: físico-química. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. p. 146.

Analise, quanto à veracidade (v) ou falsidade (f), as proposições a seguir, com base na reação química de combustão do gás hidrogênio.

- () Ocorre liberação de calor, ou seja, o processo é exotérmico.
 () Ocorre absorção de calor, ou seja, o processo é endotérmico.
 () Os reagentes ganham calor ao se converter em água.
 () O calor envolvido na formação de 180 g de água é de 2 416 kJ.

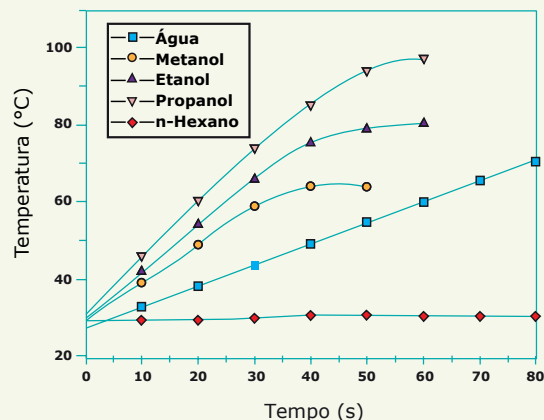
Assinale a alternativa que preenche corretamente os parênteses, de cima para baixo.

- A) V - F - V - F D) F - V - V - F
 B) F - V - V - V E) V - F - F - V
 C) F - V - F - V

SEÇÃO ENEM



01. (Enem-2016) O aquecimento de um material por irradiação com micro-ondas ocorre por causa da interação da onda eletromagnética com o dipolo elétrico da molécula. Um importante atributo do aquecimento por micro-ondas é a absorção direta da energia pelo material a ser aquecido. Assim, esse aquecimento é seletivo e dependerá, principalmente, da constante dielétrica e da taxa de aquecimento de cinco solventes sob irradiação de micro-ondas.



BARBOZA, A. C. R. N. et al. Aquecimento em forno de micro-ondas. Desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. *Química Nova*, n. 6, 2001 (Adaptação).

No gráfico, qual solvente apresenta taxa média de aquecimento mais próxima de zero, no intervalo de 0 s a 40 s?

- A) H_2O
- B) CH_3OH
- C) CH_3CH_2OH
- D) $CH_3CH_2CH_2OH$
- E) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$

- 02.** (Enem) Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente” e temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

- A) A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.
- B) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
- C) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela.
- D) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.
- E) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

- 03.** (Enem) Ainda hoje, é muito comum as pessoas utilizarem vasilhames de barro (moringas ou potes de cerâmica não esmaltada) para conservar água a uma temperatura menor do que a do ambiente. Isso ocorre porque

- A) o barro isola a água do ambiente, mantendo-a sempre a uma temperatura menor que a dele, como se fosse isopor.
- B) o barro tem poder de “gelar” a água pela sua composição química. Na reação, a água perde calor.
- C) o barro é poroso, permitindo que a água passe através dele. Parte dessa água evapora, tomando calor da moringa e do restante da água, que são assim resfriadas.
- D) o barro é poroso, permitindo que a água se deposite na parte de fora da moringa. A água de fora sempre está a uma temperatura maior que a de dentro.
- E) a moringa é uma espécie de geladeira natural, liberando substâncias higroscópicas que diminuem naturalmente a temperatura da água.

- 04.** A febre se caracteriza por um aumento da temperatura do corpo. Em caso de infecção, inflamação ou determinadas doenças, a temperatura do corpo pode aumentar. Trata-se, então, de uma reação de defesa do organismo frente aos agressores.

Os efeitos do álcool (etanol) na pele intacta levaram muitos pais a usá-lo como um remédio caseiro rápido contra a febre em crianças pequenas. Isso ocorre porque

- A) o álcool, por ser “frio”, ao entrar em contato com a pele, ajuda a reduzir a temperatura corporal.
- B) o álcool, quando esfregado na pele, tem o poder de “gelar” a pele, devido à ocorrência de uma reação química, reduzindo a temperatura corporal.
- C) o álcool, quando esfregado na pele, evapora, retirando calor da pele, o que reduz potencialmente a temperatura corporal.
- D) o álcool, por ser bastante volátil, ao entrar em contato com a pele, evapora, liberando calor para o ambiente, o que facilita a redução da temperatura corporal.
- E) o álcool é absorvido pela pele, interage com a água e facilita a perda de líquido, o que ajuda a reduzir a temperatura corporal.

GABARITO

Meu aproveitamento 

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. B
- 03. B
- 04. A
- 05. E
- 06. A
- 07. D
- 08. D

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. Soma = 27
- 02. D
- 03. B
- 04. A
- 05. E
- 06. D
- 07. Soma = 31
- 08. Soma = 06
- 09. C
- 10. E

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. A
- 03. C
- 04. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Calores de Reação

EQUAÇÕES TERMOQUÍMICAS

Uma equação termoquímica, para representar corretamente uma reação química, deve estar devidamente balanceada, conter reagentes e produtos com seus respectivos estados físicos ou alotrópicos, conter o valor da variação de entalpia e ter especificadas as condições de pressão e temperatura nas quais a reação se processa.

Exemplos:



OBSERVAÇÃO

A representação entre parênteses indica o estado físico ou a forma alotrópica dos constituintes de uma reação. As representações mais comuns são:

- (s) ⇒ sólido
- (c) ⇒ cristalino
- (l) ⇒ líquido
- (v) ⇒ vapor
- (g) ⇒ gasoso
- (conc.) ⇒ concentrado
- (dil.) ⇒ diluído
- (aq) ⇒ solução aquosa

CALORES DE REAÇÃO

Calor de reação é a energia liberada ou absorvida em uma reação química, ou seja, é o ΔH da reação.

Dependendo do tipo da reação, podemos definir o calor. Porém, antes de passarmos aos calores de reação, vamos definir entalpia-padrão.

Experimentalmente, é praticamente impossível determinar a entalpia absoluta dos reagentes e dos produtos. Para resolver esse problema, estabeleceu-se uma escala arbitrária de entalpia em que o padrão é determinado pelos elementos químicos em sua forma mais estável a 25 °C e 1 atm, que receberam o valor de entalpia zero ($H = 0$). A determinação de todas as demais entalpias dá-se em função desse padrão, cuja representação é ΔH° .

A tabela a seguir apresenta um comparativo para as formas alotrópicas estáveis e instáveis de algumas substâncias.

Estáveis ($H = 0$)	Instáveis ($H \neq 0$)
Oxigênio comum (O_2)	Ozônio (O_3)
Carbono grafite	Carbono diamante
Enxofre rômico (S_8)	Enxofre monoclinico (S_6)

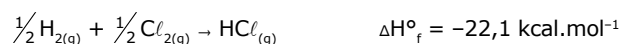
PRINCIPAIS TIPOS DE CALORES DE REAÇÃO

Calor padrão de formação

É a variação de entalpia verificada na reação de formação (síntese) de um mol de moléculas de qualquer substância a partir de substâncias simples dos elementos que a compõem no estado padrão. A representação dessa variação de entalpia é ΔH°_f .

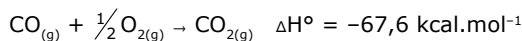
Substâncias simples no estado padrão ($H = 0$)	
$\text{O}_{2(g)}$	$\text{I}_{2(s)}$
$\text{H}_{2(g)}$	$\text{S}_{(\text{rômico})}$
$\text{C}_{\ell_{2(g)}}$	$\text{C}_{(\text{grafita})}$
$\text{F}_{2(g)}$	$\text{Hg}_{(l)}$
$\text{Br}_{2(l)}$	Os metais, exceto o mercúrio, são sólidos. ($\text{Al}_{(s)}$, $\text{Fe}_{(s)}$, $\text{Cu}_{(s)}$)

Exemplos:



OBSERVAÇÕES

1. A reação



é de síntese de CO_2 , porém o valor $-67,61 \text{ kcal.mol}^{-1}$ não corresponde ao ΔH°_f , pois o reagente CO não é uma substância simples (tendo $H \neq 0$).

2. A reação



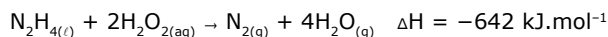
é de síntese de ozônio, porém o valor $+34 \text{ kcal.mol}^{-1}$ não corresponde ao ΔH°_f , pois foram formados 2 mol de ozônio. Para resolver esse problema, basta dividir a equação dada por dois e obtemos:



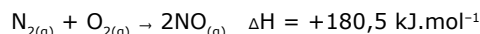
3. Experimentalmente, o que podemos medir é a variação de entalpia e, para tal, precisamos definir que algumas substâncias apresentam entalpia igual a zero. Contudo, essas substâncias apresentam calor de formação igual a zero e conteúdo energético diferente de zero. Estas possuem energia interna (energia cinética + potencial) diferente de zero, mas, por convenção, sua entalpia de formação é zero.

O comburente mais comum é o $\text{O}_{2(g)}$. Contudo, existem vários outros comburentes, como $\text{Cl}_{2(g)}$, $\text{O}_{3(g)}$, $\text{H}_2\text{O}_{2(l)}$, etc.

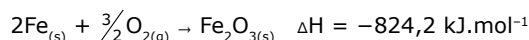
Em alguns sistemas propelentes de foguetes, utiliza-se a combustão da hidrazina como fonte de energia. Nessa reação, o peróxido de hidrogênio é o comburente.



Algumas reações que apresentam o $\text{O}_{2(g)}$ como reagente não são reações de combustão, pois são endotérmicas, por exemplo:



Algumas reações que apresentam o $\text{O}_{2(g)}$ como reagente não são reações de combustão, pois são lentas e, consequentemente, não produzem chama, por exemplo:

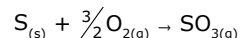


Tipos de combustão

- Combustão completa

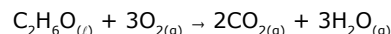
É toda combustão em que pelo menos um dos elementos formadores do combustível é oxidado até atingir o seu NOx máximo, ou seja, os átomos desses elementos foram oxidados ao máximo.

A combustão do enxofre pode ser representada por:



Nesse processo, o elemento enxofre apresenta variação de NOx de zero para +6. Como o NOx máximo do elemento enxofre é +6, trata-se, portanto, de uma combustão completa.

A combustão do álcool etílico pode ser representada por:



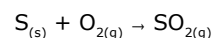
Nesse processo, o elemento carbono apresenta variação de NOx de +2 para +4. Como o NOx máximo do elemento carbono é +4, trata-se, portanto, de uma combustão completa.

Nos dois exemplos apresentados, os produtos formados não são combustíveis, ou seja, não podem sofrer uma nova combustão, pois os elementos enxofre e carbono atingiram seu grau máximo de oxidação.

- Combustão incompleta

É toda combustão em que algum dos elementos formadores do combustível é oxidado, mas não atinge o seu NOx máximo.

A combustão incompleta do enxofre é representada por:



Calor padrão de combustão

Combustão

Combustão é uma reação de oxirredução exotérmica, suficientemente rápida, que ocorre para produzir e alimentar uma chama, visível ou não.

As reações de combustão são popularmente conhecidas como reações de queima.

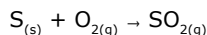
Os reagentes de uma combustão

Os reagentes de uma combustão são denominados combustível e comburente.

- Combustível

É a substância que contém o elemento que sofre oxidação (aumento do NOx), o agente redutor.

No processo:

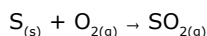


o $\text{S}_{(s)}$ é o combustível, pois o NOx do enxofre varia de zero para +4.

- Comburente

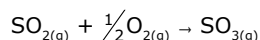
É a substância que contém o elemento que sofre redução (diminuição do NOx), o agente oxidante.

No processo:

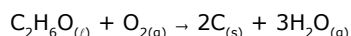
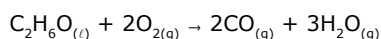


o $\text{O}_{2(g)}$ é o comburente, pois o NOx do oxigênio varia de zero para -2.

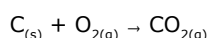
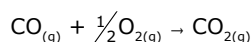
Nesse processo, o elemento enxofre apresenta variação de NO_x de zero para +4. O dióxido de enxofre é uma substância que pode sofrer uma nova combustão, pois o enxofre ainda não atingiu o seu estado máximo de oxidação.



As combustões incompletas do álcool etílico podem ser representadas por:



Em ambos os casos, o elemento carbono não atinge o seu grau máximo de oxidação, +4, e, portanto, os produtos CO_(g) e C_(s) ainda são combustíveis e podem participar de uma nova combustão.



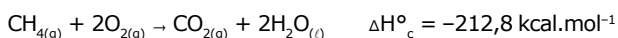
Diferença entre os ΔHs de combustão

As combustões completas liberam mais energia que as combustões incompletas, pois nelas há oxidação máxima do combustível, ou seja, os produtos formados nas combustões completas apresentam um conteúdo energético menor (são mais estáveis) do que os produtos formados nas combustões incompletas.

Definição de calor padrão de combustão

Calor padrão de combustão é a variação da entalpia verificada na combustão completa de um mol de reagente a 25 °C e 1 atm.

Exemplos:



OBSERVAÇÕES

- Quando o composto combustível possui carbono e hidrogênio, o comburente (O₂) só realizará uma combustão completa se os produtos forem CO₂ e H₂O.
- A reação

$2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{2(g)} \quad \Delta H^\circ = -27 \text{ kcal.mol}^{-1}$
representa a combustão do NO, porém o valor $-27 \text{ kcal.mol}^{-1}$ não representa o calor da combustão, pois encontramos dois mols de combustível e não um, como na definição. Para determinarmos o calor de combustão, basta dividirmos toda a equação por dois e obteremos:



FATORES QUE ALTERAM O VALOR DA VARIAÇÃO DE ENTALPIA



Temperatura

O valor de ΔH varia com a temperatura, pois a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura dos produtos é diferente do calor necessário para elevar a temperatura dos reagentes.

$$\Delta H(25 \text{ }^\circ\text{C}) \neq \Delta H(30 \text{ }^\circ\text{C})$$

Pressão

A pressão só influencia no valor de ΔH se o sistema for gasoso. Para sistemas sólidos e / ou líquidos, haverá variação do ΔH de modo significativo apenas a pressões da ordem de 2 000 atm.

Quantidade de reagentes e produtos

O ΔH é proporcional à quantidade de reagentes e produtos que participam da reação devido ao fato de a energia química estar associada às ligações químicas. Dobrando-se a quantidade de reagentes, dobra-se o número de ligações e, conseqüentemente, o conteúdo energético.

Estado físico de reagentes e produtos

O conteúdo energético das três fases de agregação da matéria é diferente.

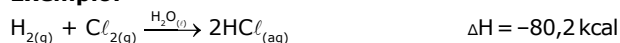
$$H_{(s)} < H_{(l)} < H_{(g)}$$

Dessa forma, se trocarmos a fase de agregação de um reagente ou produto, teremos uma mudança no valor de ΔH da reação.

Presença do solvente

Todo processo de dissolução acarreta uma liberação ou uma absorção de energia sob a forma de calor. Assim, ao medirmos o ΔH de uma reação em meio a um solvente, estamos medindo também o calor liberado ou absorvido no processo de dissolução.

Exemplo:



É o ΔH obtido em meio aquoso que contém o calor de dissolução.



É o ΔH obtido sem a presença do solvente.

OBSERVAÇÃO

A diferença $80,2 - 44,2 = 36 \text{ kcal}^{-1}$ corresponde ao calor, devido à presença do solvente.

Forma alotrópica

Ao variarmos a forma alotrópica de um reagente ou produto em uma reação, estamos alterando seu conteúdo energético, já que existem variações alotrópicas mais estáveis (menos energéticas) e mais instáveis (mais energéticas).

CÁLCULOS TEÓRICOS DO CALOR DE REAÇÃO

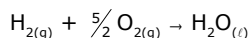


Há uma dificuldade em medir, experimentalmente, com precisão o calor de reação de um número muito grande de reações químicas. Daí surge a necessidade de se calcular o ΔH , teoricamente, a partir de um número pequeno de informações experimentais.

Cálculo do ΔH a partir do calor de formação

O calor de formação é a variação de entalpia de uma reação de formação de um mol de um determinado produto a partir das substâncias simples que lhe deram origem, na forma alotrópica mais estável e no estado padrão ($H = 0$).

Exemplo:



Como $H_{2(g)}$ e $O_{2(g)}$ possuem $H = 0$, calculamos o ΔH°_f da água da seguinte maneira:

$$\Delta H^\circ_f (H_2O) = H_p - H_r$$

$$\Delta H^\circ_f (H_2O) = H(H_2O) - 0$$

$$\Delta H^\circ_f (H_2O) = H(H_2O)$$

Assim, verificamos que o calor de formação é igual ao valor da entalpia da substância a ser formada. Como os valores de ΔH° de muitas substâncias são tabelados, podemos calcular o ΔH° de diversas reações utilizando o calor de formação pela expressão:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_f (\text{produtos}) - \sum \Delta H^\circ_f (\text{reagentes})$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO

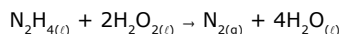
01. Dados os calores de formação, no estado padrão,

$$N_2H_{4(l)} = +12 \text{ kcal.mol}^{-1}$$

$$H_2O_{2(l)} = -46 \text{ kcal.mol}^{-1}$$

$$H_2O_{(l)} = -57,8 \text{ kcal.mol}^{-1}$$

calcular o ΔH para a seguinte reação:



Resolução:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_f (\text{produtos}) - \sum \Delta H^\circ_f (\text{reagentes})$$

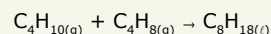
$$\Delta H^\circ = [(0) + 4 \cdot (-57,8)] - [(+12) + 2 \cdot (-46)]$$

$$\Delta H^\circ = -151,2 \text{ kcal}$$

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (UEA-AM-2016) Octano, C_8H_{18} , um dos componentes da gasolina, pode ser obtido sinteticamente a partir dos gases butano, C_4H_{10} , e 1-buteno, C_4H_8 , por meio de um processo catalítico conhecido como alquilação. Essa síntese pode ser representada pela equação:



Sabendo que as entalpias-padrão de formação do butano, do 1-buteno e do octano são, respectiva e aproximadamente, em kJ/mol, iguais a -2 880, zero e -5 470, é correto afirmar que a síntese de 1 mol de octano por essa reação

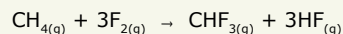
- A) absorve 2 590 kJ. D) libera 5 470 kJ.
B) absorve 5 470 kJ. E) libera 8 350 kJ.
C) libera 2 590 kJ.

02. (UECE-2016) Durante a Segunda Guerra Mundial, o monóxido de carbono foi usado como combustível alternativo nos veículos para suprir a falta de gasolina. O monóxido de carbono era obtido em equipamentos conhecidos como gasogênios, pela combustão parcial da madeira. Nos motores dos automóveis, o monóxido de carbono era convertido em gás carbônico ao reagir com o oxigênio, e liberava 57,0 kcal/mol. Sabendo-se que a entalpia do produto dióxido de carbono é -94,0 kcal, pode-se afirmar corretamente que a entalpia de formação do monóxido de carbono é

- A) -37,0 kcal/mol. C) +37,0 kcal/mol.
B) -151,0 kcal/mol. D) +151,0 kcal/mol.

03. (FGV-RJ) O teflon é um polímero sintético amplamente empregado. Ele é formado a partir de um monômero que se obtém por pirólise do trifluorometano.

O trifluorometano, CHF_3 , é produzido pela fluoração do gás metano, de acordo com a reação:



Dados:

Substância	ΔH°_f (kJ.mol ⁻¹)
$CHF_{3(g)}$	-1 437
$CH_{4(g)}$	-75
$HF_{(g)}$	-271

A entalpia-padrão da reação de fluoração do gás metano, em kJ.mol⁻¹, é igual a

- A) -1 633.
B) -2 175.
C) -2 325.
D) +1 633.
E) +2 175.

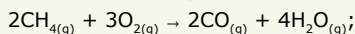
04. (PUC-Campinas-SP-2015) Considere as seguintes reações de combustão do metano:

Combustão completa:



$$\Delta H = -891 \text{ kJ/mol de } \text{CH}_{4(g)}$$

Combustão incompleta:



$$\Delta H = -520 \text{ kJ/mol de } \text{CH}_{4(g)}$$

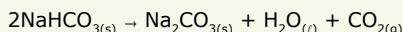
Para obter a mesma quantidade de energia da combustão completa de 1,0 mol de $\text{CH}_{4(g)}$, é necessário consumir uma quantidade desse gás, em mol, por combustão incompleta, de, aproximadamente,

- A) 0,4. C) 1,7. E) 4,0.
B) 1,1. D) 3,4.

05. (Mackenzie-SP-2015) O cicloexano (C_6H_{12}) é um hidrocarboneto líquido à temperatura ambiente, insolúvel em água, que pode ser obtido pela redução com hidrogênio, na presença de um catalisador e pressão adequados, a partir do benzeno, apresentando valor de entalpia-padrão de formação igual a $-156 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Sabendo-se que as entalpias-padrão de formação da água líquida e do dióxido de carbono gasoso são, respectivamente, $-286 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ e $-394 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, pode-se afirmar que a entalpia-padrão de combustão do cicloexano é de

- A) $-524 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. D) $-4\,236 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.
B) $-836 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. E) $-6\,000 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.
C) $-3\,924 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

06. (Unimontes-MG) O bicarbonato pode ser utilizado para apagar pequenos incêndios, em função da liberação de gás carbônico, conforme a equação:



Utilizando os dados de entalpia-padrão de formação dessas substâncias,

Substância	ΔH°_f ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)
$\text{NaHCO}_{3(s)}$	-947,0
$\text{Na}_2\text{CO}_{3(s)}$	-1 130,0
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-286,0
$\text{CO}_{2(g)}$	-394,0

pode-se afirmar que a reação é

- A) exotérmica e apresenta valor de $\Delta H^\circ = -84 \text{ kJ}$.
B) endotérmica e apresenta valor de $\Delta H^\circ = 84 \text{ kJ}$.
C) endotérmica e apresenta valor de $\Delta H^\circ = 680 \text{ kJ}$.
D) exotérmica e apresenta valor de $\Delta H^\circ = -680 \text{ kJ}$.

07. (PUC-RS) O suor é necessário para manter a temperatura do corpo humano estável. Considerando que a entalpia de formação da água líquida é $-68,3 \text{ kcal/mol}$ e a de formação do vapor de água é de $-57,8 \text{ kcal/mol}$ e desconsiderando os íons presentes no suor, é correto afirmar que na eliminação de 180 mL de água pela transpiração são

- A) liberadas 10,5 kcal. D) absorvidas 12,61 kcal.
B) absorvidas 105 kcal. E) absorvidas 1 050 kcal.
C) liberadas 126,10 kcal.

08. (UFJF-MG) A entalpia de combustão completa da sacarose, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11(s)}$, é $-5\,635 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ a 25°C e 1 atm, sendo $\text{CO}_{2(g)}$ e $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ os únicos produtos da reação. Utilizando esses dados e sabendo que $\Delta H^\circ_f(\text{CO}_{2(g)}) = -394 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ e $\Delta H^\circ_f(\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = -286 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, responda às seguintes questões:

- A) A reação de combustão da sacarose é exotérmica ou endotérmica?
B) Escreva a equação química balanceada da reação de combustão da sacarose sólida.
C) Calcule a entalpia de formação da sacarose sólida, a 25°C e 1 atm.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



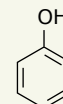
01. (ACAFE-SC-2016) O benzeno é um hidrocarboneto aromático que pode ser usado nas refinarias de petróleo e nas indústrias de álcool anidro. Baseado nas informações fornecidas e nos conceitos químicos, assinale a alternativa que contém a energia liberada (em módulo) na combustão completa de 156 g de benzeno, nas condições-padrão.

Dados: Entalpias de formação nas condições-padrão: $\text{C}_6\text{H}_{6(l)}$: $49,0 \text{ kJ/mol}$; $\text{CO}_{2(g)}$: $-393,5 \text{ kJ/mol}$; $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$: $-285,8 \text{ kJ/mol}$.

C: 12 g/mol ; H: 1 g/mol .

- A) 6 338,8 kJ C) 3 169,4 kJ
B) 6 534,8 kJ D) 3 267,4 kJ

02. (UFTM-MG) O fenol é um composto que pode ser utilizado na fabricação de produtos de limpeza, para desinfecção de ambientes hospitalares.



Fenol

Considere as entalpias-padrão de formação, relacionadas na tabela.

Substância	ΔH°_f ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)
Fenol _(s)	-165
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-286
$\text{CO}_{2(g)}$	-394

A energia liberada, em kJ, na combustão completa de 1 mol de fenol é

- A) 515. D) 2 733.
B) 845. E) 3 057.
C) 1 875.

03. (UFRJ) Uma parte do polietileno produzido no processo pode ser queimada para gerar energia na usina de lixo.

Sabendo que a fórmula mínima do polímero é CH_2 , escreva a equação da reação de combustão completa e calcule o calor (em kJ) gerado pela queima de 140 kg de polietileno. Use as entalpias-padrão de formação a seguir:

Entalpia-padrão de formação (kJ/mol)	
CH_2	-33
CO_2	-396
H_2O	-287

04. (UEMA) Com base no conceito de entalpia, marque a única opção correta.

- A) Substâncias simples no estado-padrão possuem entalpia diferente de zero.
- B) A entalpia-padrão do $\text{CO}_{2(g)}$ a 25 °C e 1 atm é numericamente igual ao seu calor de formação nas mesmas condições de temperatura e pressão.
- C) Substâncias compostas no estado-padrão possuem entalpia igual a zero.
- D) O calor de formação tem significado diferente da entalpia de formação.
- E) O calor de formação é a variação da entropia na formação de 1 mol de substância composta a partir de substância simples no estado-padrão.

05. (ITA-SP) Qual das opções a seguir apresenta a equação química balanceada para a reação de formação do óxido de ferro (II) sólido nas condições padrão?

- A) $\text{Fe}_{(s)} + \text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} \rightarrow 3\text{FeO}_{(s)}$
- B) $\text{Fe}_{(s)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{FeO}_{(s)}$
- C) $\text{Fe}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightarrow \text{FeO}_{(s)} + \text{C}_{(\text{graf.})} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)}$
- D) $\text{Fe}_{(s)} + \text{CO}_{(g)} \rightarrow \text{FeO}_{(s)} + \text{C}_{(\text{graf.})}$

06. (Mackenzie-SP-2016) Considerando a reação de combustão completa de 1 mol de gás butano no estado-padrão e as informações existentes da tabela seguinte, assinale a alternativa que descreve a afirmação correta.

Substância	Entalpias-padrão de formação (kJ.mol ⁻¹)
$\text{C}_4\text{H}_{10(g)}$	-125,7
$\text{CO}_{2(g)}$	-393,5
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-285,8

- A) O valor da variação de entalpia desse processo é igual a -679,3 kJ.
- B) O somatório dos coeficientes estequiométricos para a equação que representa esse processo é de 26.
- C) A entalpia dos produtos é menor do que a entalpia dos reagentes, pois o processo é classificado termoquimicamente como endotérmico.
- D) O carbono existente no CO_2 encontra-se em seu estado intermediário de oxidação, possuindo $\text{NO}_x + 2$.
- E) O valor da energia liberado nesse processo é de 2 877,3 kJ.

07. (Unicamp-SP) Explosão e incêndio se combinaram no terminal marítimo de São Francisco do Sul, em Santa Catarina, espalhando muita fumaça pela cidade e pela região. O incidente ocorreu com uma carga de fertilizante em que se estima tenham sido decompostas 10 mil toneladas de nitrato de amônio. A fumaça branca que foi eliminada durante 4 dias era de composição complexa, mas apresentava principalmente os produtos da decomposição térmica do nitrato de amônio: monóxido de dinitrogênio e água. Em abril de 2013, um acidente semelhante ocorreu em West, Estados Unidos da América, envolvendo a mesma substância. Infelizmente, naquele caso, houve uma explosão, ocasionando a morte de muitas pessoas.

- A) Com base nessas informações, escreva a equação química da decomposição térmica que ocorreu com o nitrato de amônio.
- B) Dado que os valores das energias padrão de formação em kJ.mol⁻¹ das substâncias envolvidas são nitrato de amônio (-366), monóxido de dinitrogênio (82) e água (-242), o processo de decomposição ocorrido no incidente é endotérmico ou exotérmico? Justifique sua resposta considerando a decomposição em condições padrão.

08. (UNIFESP) Considere a reação orgânica representada na equação e os valores de entalpia-padrão de formação (ΔH_f°) das substâncias participantes da reação.



Substância	ΔH_f° (kJ.mol ⁻¹)
$\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$	-239
$\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}$	-484
$\text{X}_{(l)}$	-442
$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-286

A substância X é um líquido inflamável usado como solvente na fabricação de colas.

- A) Escreva a fórmula estrutural da substância X e indique a função orgânica à qual ela pertence.
- B) Calcule a entalpia da reação descrita. Como essa reação é classificada quanto ao calor de reação?

09. (ITA-SP) A 25 °C e 1 atm, considere o respectivo efeito térmico associado à mistura de volumes iguais das soluções relacionadas a seguir:

- I. Solução aquosa 1 milimolar de ácido clorídrico com solução aquosa 1 milimolar de cloreto de sódio.
- II. Solução aquosa 1 milimolar de ácido clorídrico com solução aquosa 1 milimolar de hidróxido de amônio.
- III. Solução aquosa 1 milimolar de ácido clorídrico com solução aquosa 1 milimolar de hidróxido de sódio.
- IV. Solução aquosa 1 milimolar de ácido clorídrico com solução aquosa 1 milimolar de ácido clorídrico.

Qual das opções a seguir apresenta a ordem decrescente correta para o efeito térmico observado em cada uma das misturas anteriores?

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

Levando-se em conta somente o aspecto energético, a substância mais eficiente para a obtenção de energia, na combustão de 1 kg de combustível, é o

- A) etano. D) acetileno.
B) etanol. E) hidrogênio.
C) metanol.

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

Substância	Fórmula	ΔH_c° (kJ/mol)
Benzeno	$C_6H_{6(l)}$	-3 268
Etanol	$C_2H_5OH_{(l)}$	-1 368
Glicose	$C_6H_{12}O_{6(s)}$	-2 808
Metano	$CH_{4(g)}$	-890
Octano	$C_8H_{18(l)}$	-5 471

ATKINS, P. *Princípios de Química*. Bookman, 2007 (Adaptação).

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

- A) Benzeno C) Glicose E) Etanol
B) Metano D) Octano

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

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

Álcool	Densidade a 25 °C (g/mL)	Calor de combustão (kJ/mol)
Metanol (CH_3OH)	0,79	-726,0
Etanol (CH_3CH_2OH)	0,79	-1 367,0

Dados: Massas molares em g/mol: H = 1,0; C = 12,0; O = 16,0.

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

- A) metanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 22,7 kJ de energia por litro de combustível queimado.
B) etanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 29,7 kJ de energia por litro de combustível queimado.

- C) metanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 17,9 MJ de energia por litro de combustível queimado.
D) etanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 23,5 MJ de energia por litro de combustível queimado.
E) etanol, pois sua combustão completa fornece, aproximadamente, 33,7 MJ de energia por litro de combustível queimado.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____

Errei _____

01. C 03. B 05. C 07. B
 02. A 04. C 06. B
08.
 A) Exotérmica
 B) $C_{12}H_{22}O_{11(s)} + 12O_{2(g)} \rightarrow 12CO_{2(g)} + 11H_2O_{(l)}$
 C) $\Delta H_f[C_{12}H_{22}O_{11(s)}] = -2 239 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Propostos

Acertei _____

Errei _____

01. B
 02. E
 03. $CH_2 + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$
O calor gerado pela queima de 140 kg de polietileno é $-6,5 \cdot 10^6 \text{ kJ}$.
 04. B
 05. B
 06. E
07.
 A) $NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(l)}$
 B) O processo de decomposição é exotérmico, porque a decomposição do nitrato de amônio apresenta $\Delta H = -36 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.
08.
 A) A equação química será:
 $CH_3OH_{(l)} + CH_3COOH_{(l)} \rightarrow CH_3COOCH_3_{(l)} + H_2O_{(l)}$
Logo, a fórmula estrutural de X é:

 B) $\Delta H = -5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
Como a variação de entalpia é negativa, a reação é classificada como exotérmica.
 09. D
 10. Soma = 11
 11. B

Seção Enem

Acertei _____

Errei _____

01. A 03. E 05. D
 02. D 04. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Energia de Ligação e Lei de Hess

ENERGIA DE LIGAÇÃO

Cálculo do ΔH a partir do calor de ligação

A energia de ligação é a energia necessária para romper ou formar um mol de ligações no estado gasoso. Como a energia de ligação entre os átomos é praticamente constante, qualquer que seja a substância da qual façam parte, pode-se tabular esses valores e calcular o ΔH de uma reação pela expressão:

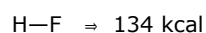
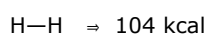
$$\Delta H = \sum \Delta H_{\text{ligações rompidas nos reagentes}} + \sum \Delta H_{\text{ligações formadas nos produtos}}$$

Isso é válido porque uma reação química consiste na quebra de ligações dos reagentes para que haja um rearranjo atômico e a formação de novas ligações, dando origem aos produtos.

Quando dois átomos se ligam, tendem a adquirir estabilidade, ou seja, passar de um estado de alta energia para um estado de baixa energia. Isso é conseguido com a liberação de energia. Logo, a formação de ligações é um processo exotérmico. Por outro lado, se houver rompimento de uma ligação, os átomos irão absorver toda a energia que haviam liberado, voltando a uma situação de instabilidade (processo endotérmico).

Quebra de ligações → Processo endotérmico
Formação de ligações → Processo exotérmico

Os valores das energias de ligação nos mostram o quanto uma ligação é mais estável do que outra.

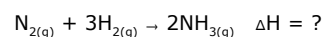


Logo, a ligação H—F é mais estável, “mais forte”, do que a ligação H—H, pois é necessária uma maior quantidade de energia para rompê-la.

Quanto maior a energia de ligação, maior será a força que une dois átomos.

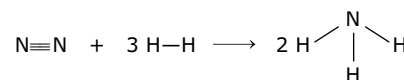
EXERCÍCIO RESOLVIDO

- 01.** Calcular o ΔH da reação de síntese da amônia a partir das energias de ligação:



Resolução:

Colocando as fórmulas estruturais planas dos participantes da reação, temos:



Então,

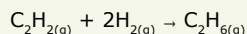
$$\begin{aligned} \Delta H &= \sum \Delta H_{\text{ligações rompidas nos reagentes}} + \sum \Delta H_{\text{ligações formadas nos produtos}} \\ \Delta H &= (225,8 + 3 \cdot 104,2) + [2 \cdot 3 \cdot (-93,4)] \\ \Delta H &= 538,4 - 560,4 \\ \Delta H &= -22 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Observe que é necessário multiplicar a energia de ligação pelo coeficiente estequiométrico, uma vez que a energia de ligação se refere a apenas 1 mol de ligações. Além disso, é necessário inverter o sinal da energia de ligação N—H, pois as ligações entre nitrogênio e hidrogênio foram formadas nos produtos.

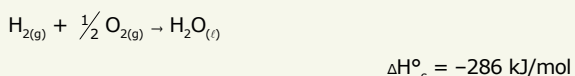
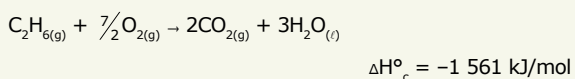
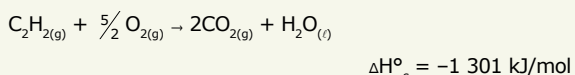
LEI DE HESS

Segundo a Lei de Hess, a variação de entalpia (ΔH) de uma reação depende, exclusivamente, da entalpia final e da entalpia inicial dos produtos e dos reagentes, respectivamente, seja a reação realizada em uma única etapa ou em várias.

- 08.** (Mackenzie-SP) A hidrogenação do acetileno é efetuada pela reação desse gás com o gás hidrogênio, originando, nesse processo, o etano gasoso, como mostra a equação química a seguir.



É possível determinar a variação da entalpia para esse processo, a partir de dados de outras equações termoquímicas, por meio da aplicação da Lei de Hess.



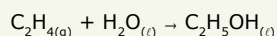
Assim, usando as equações termoquímicas de combustão no estado-padrão, é correto afirmar que a variação da entalpia para a hidrogenação de 1 mol de acetileno, nessas condições, é de

- A) -256 kJ/mol.
B) -312 kJ/mol.
C) -614 kJ/mol.
D) -814 kJ/mol.
E) -3 148 kJ/mol.

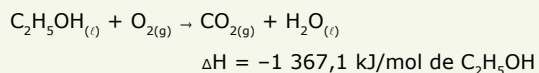
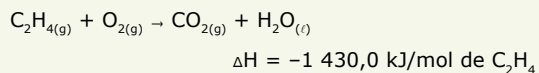
EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UFG-GO) No Brasil, parte da frota de veículos utiliza etanol obtido da cana-de-açúcar como combustível em substituição à gasolina. Entretanto, o etanol pode ser obtido de outras formas, como a reação entre água e etileno, representada pela equação química a seguir.

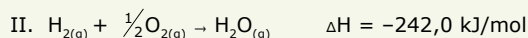
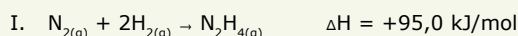


- A) Calcule a variação de entalpia dessa reação a partir das seguintes equações termoquímicas não balanceadas:



- B) Identifique a natureza do processo quanto à variação de entalpia na obtenção do etanol.

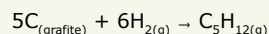
- 02.** (Mackenzie-SP) A hidrazina, cuja fórmula química é N_2H_4 , é um composto químico com propriedades similares à amônia, usado entre outras aplicações como combustível para foguetes e propelente para satélites artificiais. Em determinadas condições de temperatura e pressão, são dadas as equações termoquímicas a seguir.



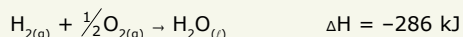
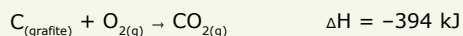
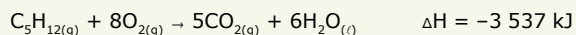
A variação da entalpia e a classificação para o processo de combustão da hidrazina, nas condições de temperatura e pressão das equações termoquímicas fornecidas são, de acordo com a equação $\text{N}_2\text{H}_{4(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{N}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(g)}$, respectivamente,

- A) -579 kJ/mol; processo exotérmico.
B) +389 kJ/mol; processo endotérmico.
C) -389 kJ/mol; processo exotérmico.
D) -147 kJ/mol; processo exotérmico.
E) +147 kJ/mol; processo endotérmico.

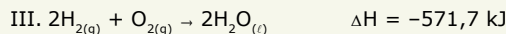
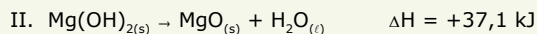
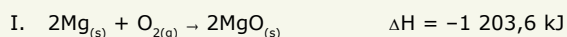
- 03.** (Unesp) O pentano, C_5H_{12} , é um dos constituintes do combustível utilizado em motores de combustão interna. Sua síntese, a partir do carbono grafite, é dada pela equação:



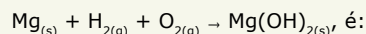
Determine a entalpia (ΔH) da reação de síntese do pentano a partir das seguintes informações:



- 04.** (UEPA-2015) O hidróxido de magnésio, base do medicamento vendido comercialmente como Leite de Magnésia, pode ser usado como antiácido e laxante. Dadas as reações a seguir:

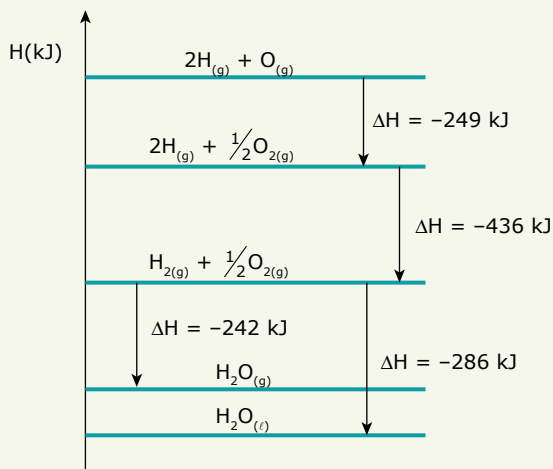


Então, o valor da entalpia de formação do hidróxido de magnésio, de acordo com a reação:



- A) -1 849,5 kJ
B) +1 849,5 kJ
C) -1 738,2 kJ
D) -924,75 kJ
E) +924,75 kJ

09. (PUC-SP-2015) O diagrama de entalpia a seguir representa a energia envolvida em uma série de transformações nas quais participam os elementos hidrogênio e oxigênio.



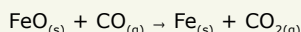
Em um caderno foram encontradas algumas afirmações a respeito desse diagrama.

- I. O calor de formação da água líquida no estado padrão é de 971 kJ/mol.
- II. A combustão de um mol de gás hidrogênio gerando água no estado líquido libera 286 kJ.
- III. A energia de ligação O=O é de 498 kJ/mol.
- IV. A vaporização de um mol de água libera 44 kJ.

Estão corretas apenas as afirmações

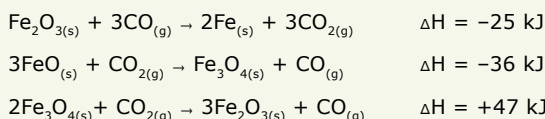
- A) I e II.
- B) I e III.
- C) II e III.
- D) I e IV.
- E) II, III e IV.

10. (Unifor-CE-2016) Na produção de ferro metálico, $Fe_{(s)}$, o óxido ferroso (FeO) é reduzido por ação do monóxido de carbono (CO) conforme a reação a seguir:



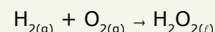
Sendo desconhecida a variação total da entalpia neste processo.

Utilizando as equações termoquímicas a seguir e baseando-se na Lei de Hess, pode-se determinar que o valor de ΔH desconhecido será aproximadamente igual a

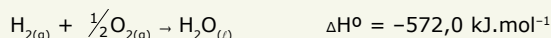


- A) -17 kJ.
- B) +14 kJ.
- C) -100 kJ.
- D) -36 kJ.
- E) +50 kJ.

11. (UFV-MG) O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é um composto de uso comum devido a suas propriedades alvejantes e antissépticas. Esse composto, cuja solução aquosa é conhecida no comércio como "água oxigenada", é preparado por um processo cuja equação global é:



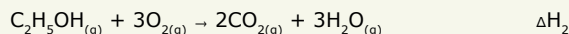
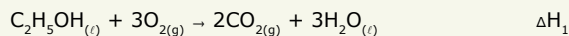
Considere os valores de entalpias fornecidos para as seguintes reações:



O valor da entalpia-padrão de formação do peróxido de hidrogênio líquido é:

- A) -474 kJ·mol⁻¹
- B) -376 kJ·mol⁻¹
- C) -188 kJ·mol⁻¹
- D) +188 kJ·mol⁻¹

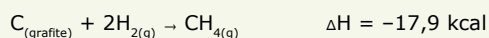
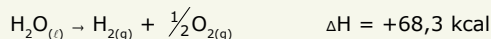
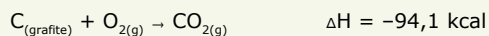
12. (FUVEST-SP) Pode-se calcular a entalpia molar de vaporização do etanol a partir das entalpias das reações de combustão representadas por



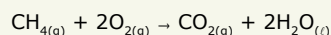
Para isso, basta que se conheça, também, a entalpia molar de

- A) vaporização da água.
- B) sublimação do dióxido de carbono.
- C) formação da água líquida.
- D) formação do etanol líquido.
- E) formação do dióxido de carbono gasoso.

13. (UEL-PR-2015) Um dos maiores problemas do homem, desde os tempos pré-históricos, é encontrar uma maneira de obter energia para aquecê-lo nos rigores do inverno, acionar e desenvolver seus artefatos, transportá-lo de um canto a outro e para a manutenção de sua vida e lazer. A reação de combustão é uma maneira simples de se obter energia na forma de calor. Sobre a obtenção de calor, considere as equações a seguir:



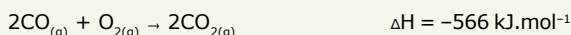
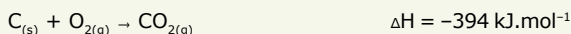
Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, o valor do calor de combustão (ΔH) do metano (CH_4) na equação a seguir:



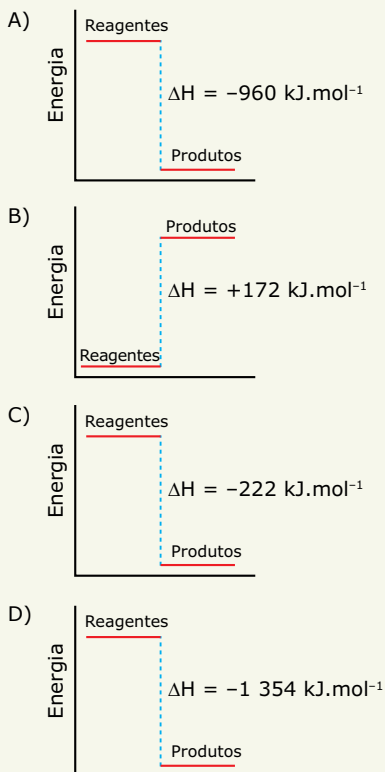
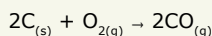
- A) -212,8 kcal
- B) -144,5 kcal
- C) -43,7 kcal
- D) +144,5 kcal
- E) +212,8 kcal

14.
I8SG

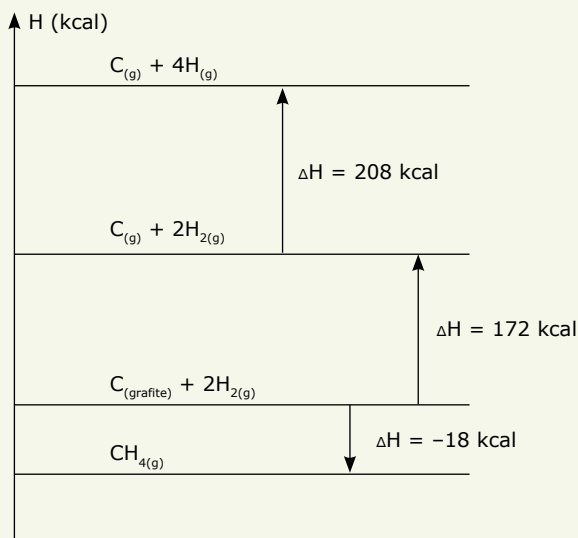
(UFVJM-MG) Considere estas equações termoquímicas:



Com base nessas equações, assinale a alternativa que apresenta o correto diagrama de energia para a reação representada pela equação



15. (PUC-SP) O diagrama a seguir representa algumas transformações relacionadas à formação do metano a partir de gás hidrogênio e grafite.



Os valores das energias de ligação H—H e C—H obtidas a partir do diagrama são, respectivamente,

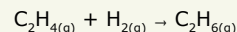
- A) 172 kcal/mol e 208 kcal/mol.
 B) 104 kcal/mol e 99,5 kcal/mol.
 C) 208 kcal/mol e 90,5 kcal/mol.
 D) 104 kcal/mol e 398 kcal/mol.
 E) 52 kcal/mol e 380 kcal/mol.

16.
A7E0

(UEFS-BA-2015)

Ligação química	Valor médio de entalpia de ligação (kJmol ⁻¹)
C—C	348
C—H	413
H—H	436
C=C	614

Tabela: Valor médio de algumas ligações químicas.



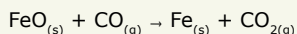
Os valores médios de entalpias de ligação, a exemplo dos mencionados na tabela, podem ser utilizados para estimar a entalpia de uma reação química envolvendo substâncias gasosas, a exemplo da reação de hidrogenação do eteno que leva à obtenção do etano. Considerando-se as informações do texto e da tabela e que o valor da entalpia-padrão de formação do etano, ΔH_f° é $-84 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, é correto concluir:

- A) A energia absorvida na formação de 1,0 mol de ligações covalentes entre átomos de hidrogênio é +436 kJ.
 B) A formação de 60,0 g de etano, a partir das substâncias simples mais estáveis, libera 84 kJ de energia para o ambiente.
 C) A entalpia-padrão de formação do etano envolve as formas alotrópicas de maior energia do carbono e do hidrogênio.
 D) A energia liberada pela reação de hidrogenação do eteno é maior do que a correspondente à entalpia-padrão de formação do etano.
 E) O processo de ruptura de ligações nas moléculas reagentes é exotérmico e o de formação de novas ligações, endotérmico.

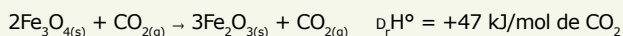
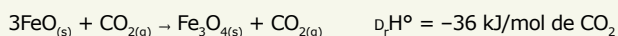
SEÇÃO ENEM



01. (Enem-2017) O ferro é encontrado na natureza na forma de seus minérios, tais como a hematita ($a - \text{Fe}_2\text{O}_3$), a magnetita (Fe_2O_3) e a wustita (FeO). Na siderurgia, o ferro-gusa é obtido pela fusão de minérios de ferro em altos fornos em condições adequadas. Uma das etapas nesse processo é a formação de monóxido de carbono. O CO (gasoso) é utilizado para reduzir o FeO (sólido), conforme a equação química:



Considere as seguintes equações termoquímicas:

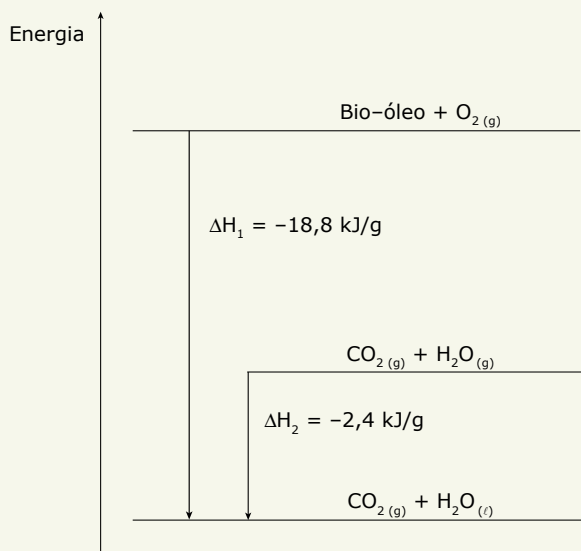


O valor mais próximo de $\Delta_r H^\circ$ em kJ/mol de FeO, para a reação indicada do FeO (sólido) com o CO (gasoso) é:

A) -14 C) -50 E) -100

B) -17 D) -64

02. (Enem-2015) O aproveitamento de resíduos florestais vem se tornando cada dia mais atrativo, pois eles são uma fonte renovável de energia. A figura representa a queima de um bio-óleo extraído do resíduo de madeira, sendo ΔH_1 , a variação de entalpia devido à queima de 1 g desse bio-óleo, resultando em gás carbônico e água líquida, e ΔH_2 a variação de entalpia envolvida na conversão de 1 g de água no estado gasoso para o estado líquido.



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

A) -106. C) -82,0. E) -16,4.

B) -94,0. D) -21,2.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

- 01. D
- 02. A
- 03. E
- 04. A
- 05. B
- 06. C
- 07. B
- 08. B

Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01.
 - A) $\Delta H = -62,9 \text{ kJ.mol}^{-1}$
 - B) A obtenção do etanol é um processo exotérmico, pois a variação de entalpia é negativa.
- 02. A
- 03. $\Delta H = -149 \text{ kJ}$
- 04. D
- 05. D
- 06. C
- 07. B
- 08. A
- 09. C
- 10. A
- 11. A
- 12. A
- 13. A
- 14. C
- 15. B
- 16. D

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. C



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Introdução ao Estudo das Soluções

Soluções são misturas homogêneas de duas ou mais substâncias.

Diversas soluções fazem parte de nossa vida: o soro fisiológico, o ouro 18 quilates, o ar atmosférico (isento de partículas de poeira), os refrigerantes, etc.

Chama-se solvente o componente de uma solução que é encontrado em maior quantidade. Já o componente que se encontra em menor quantidade é denominado soluto.

CARACTERÍSTICAS DAS SOLUÇÕES

- Quanto ao tamanho médio das partículas do soluto \Rightarrow até 1 nm^* .
- Quanto à natureza das partículas \Rightarrow íons ou moléculas.
- Quanto à sedimentação \Rightarrow não sedimentam (até em ultracentrífugas).
- Quanto à separação por filtração \Rightarrow não há a separação do soluto e do solvente por esse processo mecânico (em qualquer tipo de filtro).

CLASSIFICAÇÃO

Quanto à natureza do soluto

Soluções iônicas (eletrolíticas)

O soluto é formado por íons ou por uma mistura de íons com moléculas.

Esse tipo de solução é obtido por dissolução de ácidos, bases ou sais em água, ou seja, substâncias iônicas ou moleculares que sofrem ionização**.

A característica principal de uma solução iônica é a propriedade de condução de corrente elétrica. Um bom exemplo é a solução líquida encontrada em baterias de automóveis, em que existe ácido sulfúrico (H_2SO_4) dissolvido em água.

Soluções moleculares (não eletrolíticas)

Soluções em que o soluto é constituído somente de moléculas que, após a dissolução, não sofrem o processo de ionização.

* $1 \text{ nm} \Rightarrow \text{nanômetro} = 10^{-9} \text{ m}$.

** Ionização \Rightarrow processo em que há a quebra de uma ou mais ligações de uma molécula, originando íons.

Como essas soluções não possuem íons disseminados no solvente, elas não podem conduzir corrente elétrica. Um bom exemplo desse tipo de solução é a mistura de água e açúcar (sacarose).

Quanto aos estados de agregação de seus componentes

Solução	Solvente	Soluto	Exemplo
Gasosa	Gasoso	Gasoso	Ar atmosférico filtrado
Líquida	Líquido	Gasoso	Refrigerante
		Líquido	Álcool combustível (água e etanol)
		Sólido	Soro glicosado
Sólida	Sólido	Gasoso	Platina e gás hidrogênio
		Líquido	Amálgama dentária (mistura de chumbo e mercúrio)
		Sólido	Latão (mistura de zinco e cobre no estado fundido)

Quanto à quantidade de soluto em relação ao solvente

No nosso dia a dia, usamos expressões como "café fraco" e "café forte". Quando as utilizamos, estamos dizendo que, no primeiro caso, a quantidade de soluto (pó dissolvido) é pequena em relação à quantidade de solvente. Entretanto, no segundo caso, a quantidade de soluto é elevada em relação ao solvente.

Classificamos o "café fraco" como sendo uma solução diluída em comparação ao "café forte", solução concentrada.

Solução diluída: Solução em que a quantidade de soluto é pequena quando comparada com a quantidade de solvente.

Solução concentrada: Solução em que a quantidade de soluto é elevada quando comparada com a quantidade de solvente.

COEFICIENTE DE SOLUBILIDADE

As classificações diluída e concentrada não são científicas, porque o fato de uma pessoa considerar um café "forte" não impede que outra o considere "fraco" e vice-versa.

Dessa forma, foi necessário criar um conceito científico claro e muito bem definido para expressar a relação entre as quantidades de soluto e solvente. O conceito que expressa bem esse tipo de relação soluto / solvente é o coeficiente de solubilidade.

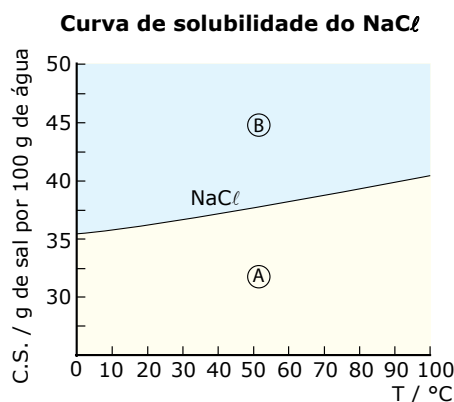
Coefficiente de solubilidade (C.S.) = É a quantidade máxima de soluto que uma quantidade padrão de solvente consegue dissolver a uma dada temperatura.

Exemplo:

39,8 g de NaCl/100 g de H₂O (100 °C)

Isso significa que, na temperatura de 100 °C, 100 g de água conseguem dissolver, no máximo, 39,8 g de NaCl.

O coeficiente de solubilidade depende pouco da pressão em solução líquida, porém a sua dependência da temperatura, para qualquer tipo de solução, é tão grande que podemos expressá-la por um gráfico denominado curva de solubilidade.



- (A) Região que corresponde a soluções insaturadas.
- (B) Região que corresponde a soluções supersaturadas.

Temperatura / °C	Concentração (g de NaCl/100 g de H ₂ O)
0	35,7
10	35,8
20	36,0
30	36,3
40	36,6
50	37,0
60	37,3
70	37,8
80	38,4
90	39,0
100	39,8

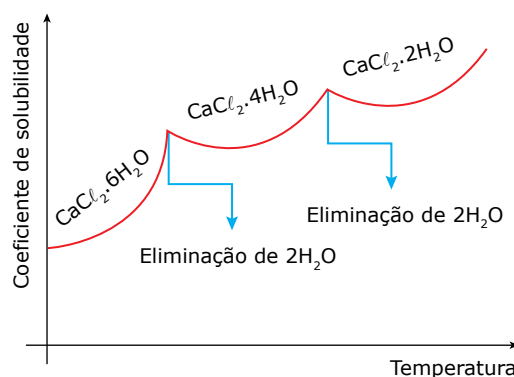
O aumento de temperatura provoca um aumento na massa de NaCl dissolvida em 100 g de H₂O.

Quando o aumento de temperatura aumenta o coeficiente de solubilidade, dizemos que a dissolução do soluto é endotérmica. Quando o aumento da temperatura diminui o coeficiente de solubilidade, a dissolução é exotérmica.

A partir do valor do coeficiente de solubilidade e da concentração da solução, podemos classificar as soluções em insaturadas, saturadas ou supersaturadas, dependendo da quantidade de soluto dissolvido no solvente.

Quando se trata de sais hidratados, a curva de solubilidade apresenta pontos de inflexão que representam uma mudança na estrutura do soluto. Essa mudança corresponde à eliminação da água de hidratação que interagia com os íons do soluto.

O CaCl₂.6H₂O possui, em sua rede cristalina, 6 mol de moléculas de água de hidratação para cada mol de CaCl₂. O aquecimento de uma solução aquosa de CaCl₂.6H₂O gerará dois pontos de inflexão que correspondem à eliminação de moléculas de água de hidratação.



Solução insaturada (não saturada)

Insaturada é toda solução que possui uma quantidade de soluto dissolvido inferior ao coeficiente de solubilidade.

Exemplo:

Solução aquosa contendo 25,0 g de NaCl dissolvidos em 100 g de água a 20 °C. A análise da curva de solubilidade do NaCl admite a dissolução de 36,0 g de NaCl a 20 °C, ou seja, 11,0 g a mais do que a massa dissolvida.

Solução saturada

Saturada é toda solução que possui uma quantidade de soluto dissolvido exatamente igual ao coeficiente de solubilidade.

Exemplo:

Solução aquosa contendo 37,8 g de NaCl dissolvidos em 100 g de água a 70 °C. A análise da curva de solubilidade do NaCl não admite a dissolução de qualquer quantidade adicional de soluto a 70 °C.

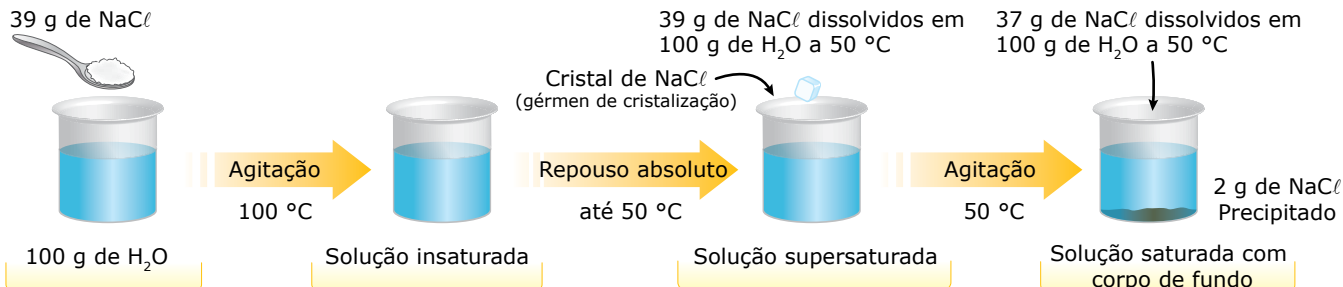
Solução supersaturada

Supersaturada é toda solução metaestável que possui uma quantidade de soluto dissolvido superior ao coeficiente de solubilidade, porém a quantidade adicional ainda continua dissolvida.

Exemplo:

Solução aquosa contendo 39,0 g de NaCl dissolvidos em 100 g de água a 50 °C.

Como obter uma solução supersaturada:

**Solução saturada com corpo de fundo**

Pode-se também agitar ou adicionar um único cristal ou um gérmen de cristalização à solução supersaturada e ela tornar-se-á uma solução saturada com corpo de fundo. O excedente, que antes se encontrava dissolvido, precipita, indo para o fundo do recipiente.

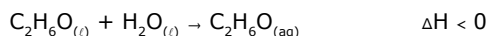
Exemplo:

Solução aquosa contendo 39,0 g de NaCl dissolvidos em 100 g de água a 50 °C. Nesse sistema, 2 g de NaCl encontram-se em excesso e formam o corpo de fundo.

MECANISMO DE DISSOLUÇÃO

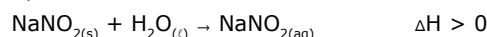
Quando um soluto é dissolvido em um solvente, há o aumento do grau de desordem do sistema (aumento da entropia), o que leva a uma diminuição da energia livre do sistema e a um aumento de sua estabilidade. Dessa forma, as dissoluções de um soluto em um solvente são termodinamicamente favoráveis devido ao aumento da entropia do sistema.

Contudo, nem toda dissolução é espontânea. Para que uma dissolução ocorra, algumas interações solvente-solvente e soluto-soluto devem ser substituídas por interações soluto-solvente. Se essas novas interações forem mais intensas (mais estáveis) do que as interações originais, a dissolução é espontânea. Nessas dissoluções, há uma redução de energia do sistema, pois ele fica mais estável. A energia excedente é liberada para o meio na forma de calor e a dissolução é classificada como exotérmica.



As dissoluções em que as interações soluto-solvente são muito menos intensas (menos estáveis) do que as interações soluto-soluto e solvente-solvente são não espontâneas e dizemos que o soluto é insolúvel no solvente. Entretanto, alguns solutos são solúveis em um determinado solvente, mesmo possuindo as interações soluto-solvente menos intensas (menos estáveis) do que as interações soluto-soluto e solvente-solvente. Nessas dissoluções, há um aumento da energia potencial do sistema, que é compensado pela redução de energia devido ao aumento da entropia.

Essas dissoluções absorvem uma pequena quantidade de calor do meio devido ao aumento da energia potencial e, conseqüentemente, diminuição da energia cinética do sistema, sendo levemente endotérmicas.

**A solubilidade dos gases nos líquidos**

A solubilidade de um gás diminui à medida que a solução é aquecida e / ou a pressão sobre ela diminui. Isso explica por que ocorre o derramamento de refrigerante quando retiramos a tampa da garrafa, principalmente se ele estiver quente. No instante em que a tampa é retirada, a pressão diminui e o gás se desprende do líquido.

Portanto,

- Aumento de temperatura do sistema
- Diminuição da pressão do sistema

Diminuição da quantidade de gás dissolvido no líquido

REGRA DE SOLUBILIDADE

Existe uma regra para prever se haverá a dissolução de um soluto em um determinado solvente. Essa regra é conhecida como Regra dos Semelhantes.

Segundo essa regra, se um soluto

- é polar ou iônico, ele é solúvel em um solvente polar como a água;
- é apolar, ele é solúvel em um solvente apolar, como o tetracloreto de carbono (CCl₄).

Contudo, essa regra possui muitas exceções:

- alguns sais são insolúveis em água, como o PbSO₄;
- os gases atmosféricos apolares CO₂, N₂ e O₂ são solúveis em água;
- álcoois de cadeia carbônica longa (com mais de 10 átomos de carbono) são compostos polares devido à presença do grupo hidroxila, mas são insolúveis em água.

Portanto, essa regra deve ser utilizada com muito cuidado.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (UFMG) Sabe-se que o cloreto de sódio pode ser obtido a partir da evaporação da água do mar. Analise o quadro, em que estão apresentadas a concentração de quatro sais em uma amostra de água do mar e a respectiva solubilidade em água a 25 °C.

Sal	Concentração (g/L)	Solubilidade em água (g/L)
NaCl	29,7	357
MgCl ₂	3,32	542
CaSO ₄	1,80	2,1
NaBr	0,55	1 160

Considerando-se as informações desse quadro, é correto afirmar que, na evaporação dessa amostra de água de mar a 25 °C, o primeiro sal a ser precipitado é o

- A) NaBr.
- B) CaSO₄.
- C) NaCl.
- D) MgCl₂.

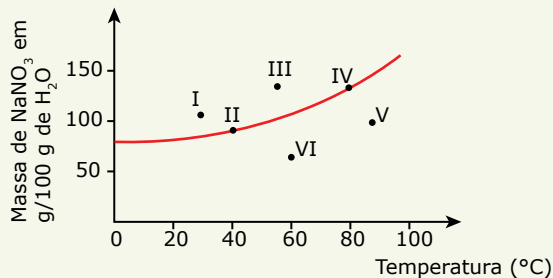
02. (FUVEST-SP) Quatro tubos contêm 20 mL (mililitros) de água cada um. Coloca-se, nesses tubos, dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) nas seguintes quantidades:

Massa de K ₂ Cr ₂ O ₇ / g	
Tubo A	1,0
Tubo B	3,0
Tubo C	5,0
Tubo D	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?

- A) Em nenhum
- B) Apenas em D
- C) Apenas em C e D
- D) Apenas em B, C e D
- E) Em todos

03. (UFMG) Seis soluções aquosas de nitrato de sódio, NaNO₃, numeradas de I a VI, foram preparadas, em diferentes temperaturas, dissolvendo-se diferentes massas de NaNO₃ em 100 g de água. Em alguns casos, o NaNO₃ não se dissolveu completamente. Este gráfico representa a curva de solubilidade de NaNO₃, em função da temperatura, e seis pontos, que correspondem aos sistemas preparados:



A partir da análise desse gráfico, é correto afirmar que os dois sistemas em que há precipitado são

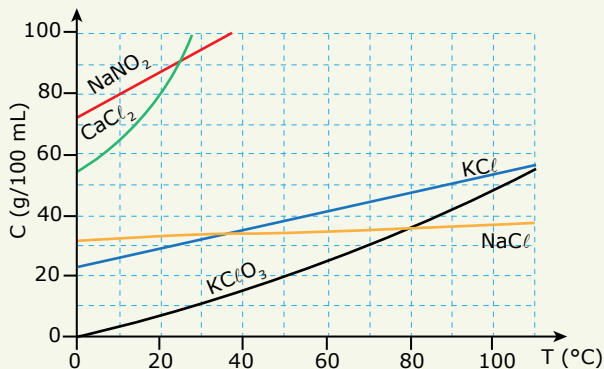
- A) I e II.
- B) I e III.
- C) IV e V.
- D) V e VI.

04. (Unemat-MT) O coeficiente de solubilidade pode ser definido como sendo a quantidade máxima de um soluto capaz de ser dissolvida por uma determinada quantidade de solvente, sob determinadas condições de temperatura e pressão.

Sabendo-se, então, que o coeficiente de solubilidade de K₂Cr₂O₇ é de 12,0 gramas em 100 mL de água à T = 20 °C, que tipo de sistema será formado quando forem adicionadas 120 gramas de K₂Cr₂O₇ em 600 mL de água à T = 20 °C?

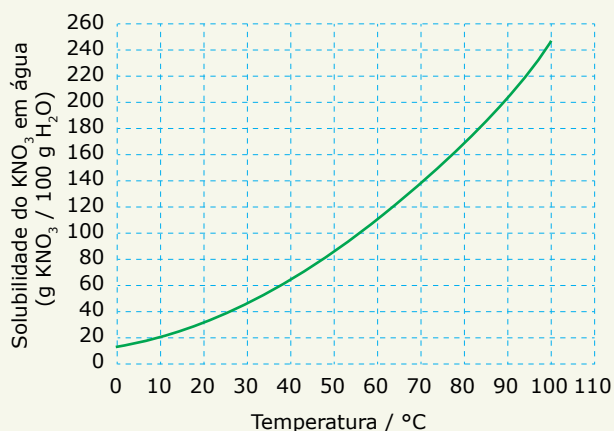
- A) Um sistema heterogêneo, com 48 gramas de K₂Cr₂O₇ como precipitado (corpo de fundo).
- B) Um sistema homogêneo, com 48 gramas de K₂Cr₂O₇ dissolvidas completamente.
- C) Uma solução insaturada.
- D) Um sistema heterogêneo, saturado, com volume final igual a 820 mL.
- E) Um sistema homogêneo onde 120 gramas de K₂Cr₂O₇ foram completamente dissolvidas.

05. (PUC Minas) O gráfico representa as curvas de solubilidade de alguns sais em água.



- De acordo com o gráfico, podemos concluir que
- A) a substância mais solúvel em água, a 40 °C, é o nitrito de sódio.
 - B) a temperatura não afeta a solubilidade do cloreto de sódio.
 - C) o cloreto de potássio é mais solúvel que o cloreto de sódio à temperatura ambiente.
 - D) a massa de clorato de potássio capaz de saturar 200 mL de água, a 30 °C, é de 20 g.

06. (Unifor-CE) No gráfico a seguir, apresentamos a curva de solubilidade do nitrato de potássio, KNO_3 , em função da variação da temperatura, expressa em gramas de solubilidade do KNO_3 , por 100 g de água.



Em relação ao gráfico, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. Ao dissolvermos 60 g deste sal em água a 25 °C, teremos uma solução insaturada.
- II. Ao resfriarmos a solução saturada de 70 °C a 40 °C, ocorrerá a precipitação de 30 g do sal.
- III. Ao aquecermos a solução saturada de 10 °C a 40 °C, a massa do sal presente na solução será de 30 g.
- IV. Ao dissolvermos 10 g deste sal em água a 25 °C, teremos uma solução supersaturada.
- V. Ao resfriarmos uma solução saturada de 70 °C a 40 °C, a massa do sal que permanece dissolvido na solução será de 60 g.

São corretas as afirmações

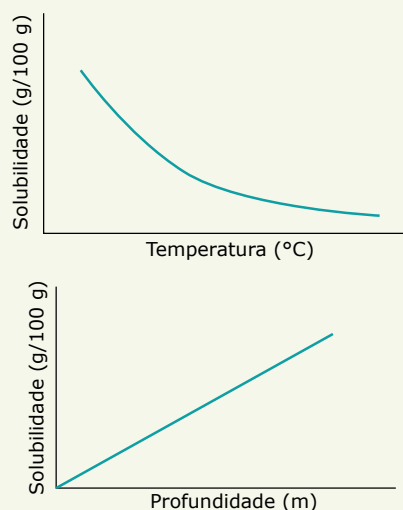
- A) I, apenas.
- B) V, apenas.
- C) I, V e IV.
- D) II e III, apenas.
- E) I, II, III e IV.

07. (UFPI) Em regiões mais áridas do Nordeste, os pescadores preferem os horários mais frios do dia para pescar. De fato, nesses períodos, a pesca é mais farta, porque os peixes vão à superfície em busca de oxigênio (O_2).

A maior concentração de O_2 na superfície, nos períodos mais frios, explica-se pelo fato de a

- A) redução na temperatura aumentar a solubilidade de gases em líquidos.
- B) redução na temperatura aumentar a constante de dissociação da água.
- C) elevação no número de moles de O_2 ocorrer com a redução da pressão.
- D) solubilidade de gases em líquidos independe da pressão.
- E) elevação na temperatura reduzir a energia de ativação da reação de redução do oxigênio.

08. (UERJ-2016) A temperatura e a pressão afetam a solubilidade do oxigênio no sangue dos organismos. Alguns animais marinhos sem pigmentos respiratórios realizam o transporte de oxigênio por meio da dissolução desse gás diretamente no plasma sanguíneo. Observe a variação da solubilidade do oxigênio no plasma, em função da temperatura e da profundidade a que o animal esteja submetido, representada nos gráficos a seguir.



Um estudo realizado sob quatro diferentes condições experimentais, para avaliar a dissolução de oxigênio no plasma desses animais, apresentou os seguintes resultados:

Parâmetros avaliados	Condições experimentais			
	W	X	Y	Z
Temperatura	baixa	baixa	alta	alta
Profundidade	alta	baixa	baixa	alta

O transporte de oxigênio dissolvido no plasma sanguíneo foi mais favorecido na condição experimental representada pela seguinte letra:

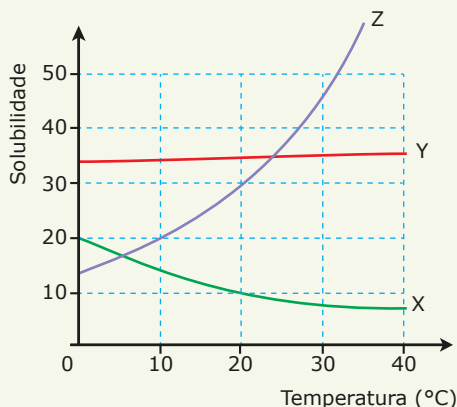
- A) W
- B) X
- C) Y
- D) Z

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UERJ) Um laboratorista precisa preparar 1,1 kg de solução aquosa saturada de um sal de dissolução exotérmica, utilizando como soluto um dos três sais disponíveis em seu laboratório: X, Y e Z. A temperatura final da solução deverá ser igual a 20 °C.

Observe as curvas de solubilidade dos sais, em gramas de soluto por 100 g de água:

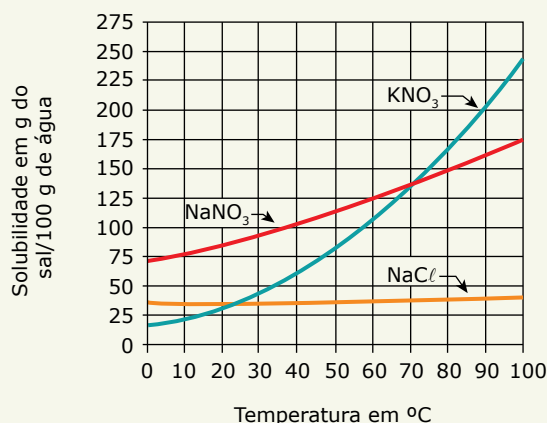


A massa de soluto necessária, em gramas, para o preparo da solução equivale a:

- A) 100 B) 110 C) 300 D) 330

02. (UPE) O gráfico a seguir mostra curvas de solubilidade para substâncias nas condições indicadas e pressão de 1 atm.

Curva de solubilidade



A interpretação dos dados desse gráfico permite afirmar corretamente que

- A) compostos iônicos são insolúveis em água, na temperatura de 0 °C.
 B) o cloreto de sódio é pouco solúvel em água à medida que a temperatura aumenta.

- C) sais diferentes podem apresentar a mesma solubilidade em uma dada temperatura.
 D) a solubilidade de um sal depende, principalmente, da espécie catiônica presente no composto.
 E) a solubilidade do cloreto de sódio é menor que a dos outros sais para qualquer temperatura.

03. (FGV-SP-2016) O nitrito de sódio, NaNO_2 , é um conservante de alimentos processados a partir de carnes e peixes. Os dados de solubilidade deste sal em água são apresentados na tabela.

Temperatura	20 °C	50 °C
Massa de NaNO_2 em 100 g de H_2O	84 g	104 g

Em um frigorífico, preparou-se uma solução saturada de NaNO_2 em um tanque contendo 0,5 m³ de água a 50 °C. Em seguida, a solução foi resfriada para 20 °C e mantida nessa temperatura. A massa de NaNO_2 , em kg, cristalizada após o resfriamento da solução, é

Considere: Densidade da água = 1 g/mL.

- A) 10. C) 50. E) 200.
 B) 20. D) 100.

04. (UEA-AM-2016) O iodato de potássio, KIO_3 , é uma substância adicionada ao sal de cozinha como fonte de iodo para a prevenção de doenças da tireoide. A tabela fornece valores aproximados da solubilidade em água dessa substância em duas temperaturas.

Temperatura (°C)	25	60
Solubilidade (g de KIO_3 /100 g de H_2O)	9,2	18,0

A 500 g de água a 60 °C foram acrescentados 80 g de iodato de potássio. Em seguida, a mistura foi resfriada para 25 °C. A massa de KIO_3 cristalizada com esse resfriamento foi, em g, igual a

- A) 22. C) 55. E) 80.
 B) 34. D) 60.

05. (PUC Minas-2015) Determinadas substâncias são capazes de formar misturas homogêneas com outras substâncias. A substância que está em maior quantidade é denominada solvente e a que se encontra em menor quantidade é denominada de soluto. O cloreto de sódio (NaCl) forma solução homogênea com a água, em que é possível solubilizar, a 20 °C, 36 g de NaCl em 100 g de água. De posse dessas informações, uma solução em que 545 g de NaCl estão dissolvidos em 1,5 L de água a 20 °C, sem corpo de fundo, é:

- A) insaturada. C) supersaturada.
 B) concentrada. D) diluída.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem) Devido ao seu alto teor de sais, a água do mar é imprópria para o consumo humano e para a maioria dos usos da água doce. No entanto, para a indústria, a água do mar é de grande interesse, uma vez que os sais presentes podem servir de matérias-primas importantes para diversos processos. Nesse contexto, devido à sua simplicidade e ao seu baixo potencial de impacto ambiental, o método da precipitação fracionada tem sido utilizado para a obtenção dos sais presentes na água do mar.

Soluto	Fórmula	Solubilidade g/kg de H ₂ O
Brometo de sódio	NaBr	$1,20 \cdot 10^3$
Carbonato de cálcio	CaCO ₃	$1,30 \cdot 10^{-2}$
Cloreto de sódio	NaCl	$3,60 \cdot 10^2$
Cloreto de magnésio	MgCl ₂	$5,41 \cdot 10^2$
Sulfato de magnésio	MgSO ₄	$3,60 \cdot 10^2$
Sulfato de cálcio	CaSO ₄	$6,80 \cdot 10^{-1}$

Tabela 1: Solubilidade em água de alguns compostos presentes na água do mar a 25 °C.

PITOMBO, L. R. M.; MARCONDES, M. E. R. GEPEC. Grupo de pesquisa em Educação em Química. *Química e a Sobrevivência: Hidrosfera* – Fonte de materiais. São Paulo: EDUSP, 2005 (Adaptação).

Suponha que uma indústria objetiva separar determinados sais de uma amostra de água do mar a 25 °C, por meio da precipitação fracionada. Se essa amostra contiver somente os sais destacados na tabela, a seguinte ordem de precipitação será verificada:

- A) Carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de sódio e sulfato de magnésio, cloreto de magnésio e, por último, brometo de sódio.
- B) Brometo de sódio, cloreto de magnésio, cloreto de sódio e sulfato de magnésio, sulfato de cálcio e, por último, carbonato de cálcio.
- C) Cloreto de magnésio, sulfato de magnésio e cloreto de sódio, sulfato de cálcio, carbonato de cálcio e, por último, brometo de sódio.
- D) Brometo de sódio, carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de sódio e sulfato de magnésio e, por último, cloreto de magnésio.
- E) Cloreto de sódio, sulfato de magnésio, carbonato de cálcio, sulfato de cálcio, cloreto de magnésio e, por último, brometo de sódio.

02. A solubilidade de gases em líquidos depende de fatores como a pressão e a temperatura. Os gases atmosféricos CO₂ e O₂ são solúveis em água e os principais responsáveis pelos sabores diferentes na água que consumimos, alterados também pelas substâncias sólidas presentes.

As condições de temperatura e pressão que favorecem a solubilidade dos gases em água são

- A) temperatura e pressão altas.
 B) temperatura baixa e pressão alta.
 C) temperatura e pressão baixas.
 D) temperatura e pressão medianas.
 E) temperatura e pressão baixas.

GABARITO

Meu aproveitamento 

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. B
 02. D
 03. B
 04. A
 05. D
 06. B
 07. A
 08. A

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. A
 02. C
 03. D
 04. B
 05. C
 06. A
 07. A
 08. E
 09. D
 10. B
 11. B

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

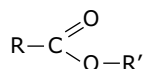
01. A
 02. B



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

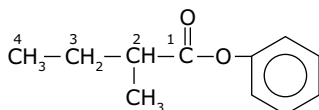
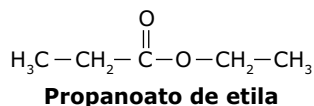
Ésteres

São compostos derivados dos ácidos carboxílicos obtidos pela substituição do hidrogênio da carboxila por um radical carbônico. A reação entre um ácido carboxílico e um álcool (reação de esterificação) é uma das mais importantes para a obtenção dos ésteres. Tais compostos possuem o grupamento funcional carboxi.



NOMENCLATURA IUPAC

A nomenclatura de um éster é derivada da nomenclatura dos ácidos carboxílicos. Deve-se apenas substituir a terminação **-ico** do ácido carboxílico pela terminação **-ato** seguida da preposição **de** e do **nome do radical ligado ao oxigênio**. Para numerar a cadeia principal de um éster, deve-se começar pelo carbono do grupamento carboxi.



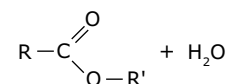
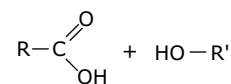
2-metilbutanoato de fenila

REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

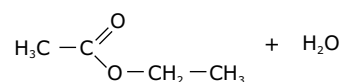
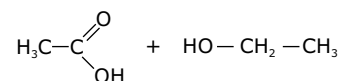
Um dos principais métodos de síntese de ésteres é a reação de esterificação direta ou esterificação de Fischer. Essa reação consiste em uma desidratação intermolecular entre uma molécula de ácido carboxílico e uma molécula de álcool, catalisada por ácidos inorgânicos fortes e concentrados, como HCl e H_2SO_4 .

Essa reação é reversível e, à temperatura ambiente, apresenta um rendimento da ordem de 60%. Para aumentar o rendimento da reação, ou seja, deslocar o equilíbrio no sentido dos produtos, deve-se, à medida que a água se forma, eliminá-la do sistema. Isso pode ser feito pela adição de CaO , que ao reagir com a água produz $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$.

A equação genérica que representa a esterificação é a seguinte:



Exemplo:



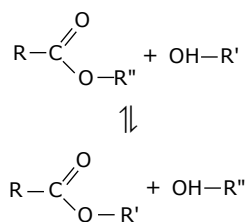
A reação de esterificação no sentido inverso é denominada hidrólise.

REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO

Atualmente, um tipo de reação de produção de ésteres tem recebido bastante destaque na mídia, a transesterificação. Por meio dessa reação, é possível obter o biodiesel.

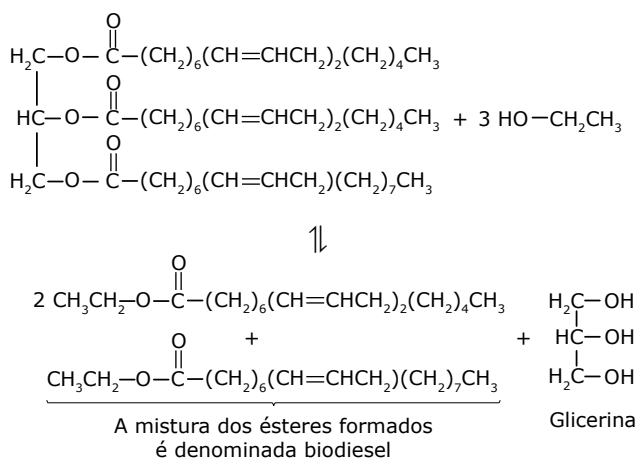
A reação de transesterificação consiste na reação entre um éster e um álcool catalisada por ácidos ou bases fortes, que origina um novo éster e um novo álcool.

A equação genérica que representa a transesterificação é a seguinte:



O biodiesel é um combustível renovável (biocombustível) e biodegradável, obtido, comumente, a partir da reação de transesterificação entre um triacilglicerol, de origem animal ou vegetal, e um álcool, na presença de um catalisador ácido ou básico.

Exemplo:



Os álcoois mais utilizados na produção do biodiesel são o metanol e o etanol.

APLICAÇÕES DOS ÉSTERES

Os ésteres são utilizados como flavorizantes na indústria alimentícia na fabricação de doces, balas e refrigerantes; na indústria farmacêutica, na fabricação de xaropes e pastilhas, já que imitam o sabor e o odor de frutas. Os ésteres de cadeia longa são utilizados na fabricação de sabão.

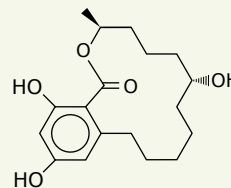
FONTES NATURAIS DOS ÉSTERES

Os ésteres são encontrados na natureza em essências de frutas, em óleos e gorduras animais e vegetais, nas ceras (de abelha, carnaúba) e nos fosfatídeos (lecitina do ovo e cefalina do cérebro).

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (FEPECS-DF) O controle de dopagem no esporte envolve a análise de várias substâncias. Entre as substâncias de uso proibido para os atletas está o *zeranol*, um esteroide cuja fórmula pode ser representada por:

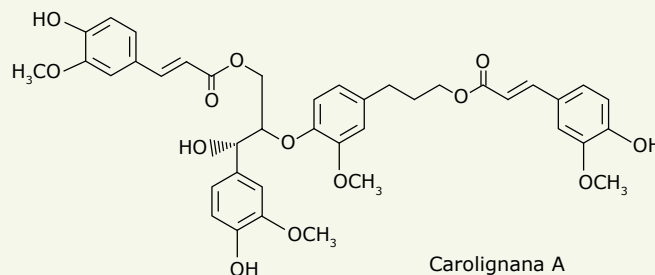


Essa substância pode ser usada apenas para o crescimento do gado de corte; há pesquisas que investigam se, nos seres humanos, a ação do *zeranol* induz o aparecimento de câncer.

Na fórmula do *zeranol* estão presentes as seguintes funções orgânicas:

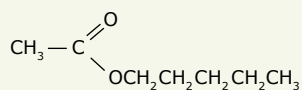
- A) Aldeído, cetona e ácido carboxílico.
B) Ácido carboxílico, éster e álcool.
C) Álcool, cetona e éter.
D) Aldeído, fenol e éter.
E) Álcool, fenol e éster.

- 02.** (UFV-MG) O composto denominado Carolignana A, cuja fórmula está representada a seguir, 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.

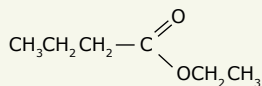


Os grupos funcionais presentes na estrutura da Carolignana A, a partir da fórmula representada, são

- A) fenol, éter, éster, alqueno, anidrido.
B) alqueno, fenol, anidrido, éster, cetona.
C) fenol, aldeído, éster, éter, alqueno.
D) amina, éter, éster, alqueno, álcool.
E) fenol, éter, éster, alqueno, álcool.
- 03.** (UFPI) Os aromas da banana e do abacaxi estão relacionados com as estruturas dos dois ésteres dados a seguir. Escolha a alternativa que apresenta os nomes sistemáticos das duas substâncias orgânicas.



Aroma de banana

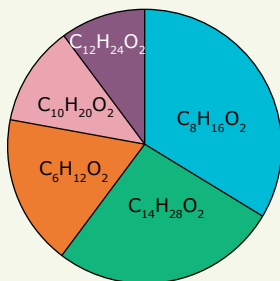


Aroma de abacaxi

- A) Acetilpentanoato e etilbutanoato.
 B) Etanoato de pentila e butanoato de etila.
 C) Pentanoato de etila e etanoato de butila.
 D) Pentanoato de acetila e etanoato de butanoíla.
 E) Acetato de pentanoíla e butanoato de acetila.

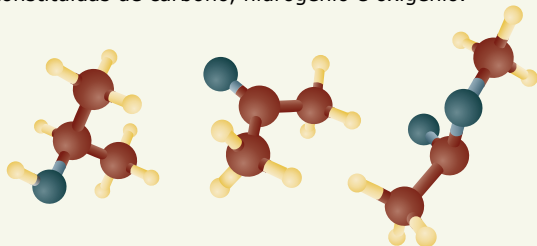
- 04.** (UFPR-2016) Um dos parâmetros que caracteriza a qualidade de manteigas industriais é o teor de ácidos carboxílicos presentes, o qual pode ser determinado de maneira indireta, a partir da reação desses ácidos com etanol, levando aos ésteres correspondentes. Uma amostra de manteiga foi submetida a essa análise e a porcentagem dos ésteres produzidos foi quantificada, estando o resultado ilustrado no diagrama a seguir.

Composição de ésteres formados



O ácido carboxílico presente em maior quantidade na amostra analisada é o

- A) butanoico. D) dodecanoico.
 B) octanoico. E) hexanoico.
 C) decanoico.
- 05.** (FUVEST-SP) As figuras a seguir representam moléculas constituídas de carbono, hidrogênio e oxigênio.

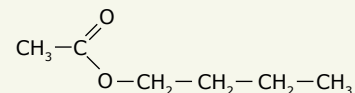


Elas são, respectivamente,

- 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.

- 06.** (UFU-MG) A ciência tem estudado o efeito dos aditivos químicos – presentes em alimentos industrializados – com o intuito de indicar ou inibir seu consumo. Os flavorizantes ou aromatizantes, por exemplo, são substâncias utilizadas para imitar alguns sabores e também aromas de diversas frutas, como banana, laranja e uva, e podem ser naturais ou artificiais, de acordo com a especificidade do alimento.

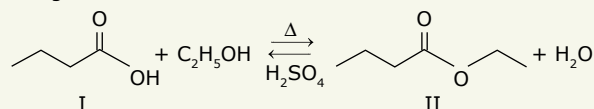
Algumas balas e chicletes apresentam sabor de maçã verde, e a substância responsável por esse sabor é o etanoato de butila, cuja fórmula estrutural está representada a seguir:



O etanoato de butila pode ser obtido pela reação entre

- A) etanal e ácido butanoico.
 B) etanona e cloreto de butila.
 C) ácido etanoico e butanal.
 D) ácido etanoico e butanol.

- 07.** (UECE-2018) Os flavorizantes são produzidos em grande quantidade em substituição às substâncias naturais. Por exemplo, a produção da essência de abacaxi usada em preparados para bolos é obtida através da reação de esterificação realizada com aquecimento intenso e sob refluxo. Atente aos compostos I e II apresentados a seguir:



Os nomes dos compostos orgânicos I e II são respectivamente

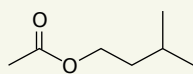
- A) etóxi-etano e butanoato de etila.
 B) ácido butanoico e butanoato de etila.
 C) ácido butanoico e pentanoato de etila.
 D) butanal e hexan-4-ona.
- 08.** (UEL-PR) Sabe-se que, na fabricação de muitos sorvetes, são utilizados essências artificiais, as quais apresentam o cheiro agradável das frutas. Esses odores devem-se, principalmente, à presença de ésteres. A seguir, estão os nomes de alguns ésteres e a indicação de suas respectivas frutas.

- Abacaxi – butanoato de etila
- Framboesa – metanoato de isobutila
- Pêssego – metanoato de etila
- Maçã verde – etanoato de butila
- Damasco – butanoato de butila

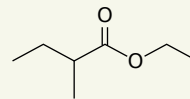
O sorvete cuja essência foi obtida a partir da reação do ácido metanoico com o 2-metil propanol-1 terá aroma de

- A) abacaxi. C) framboesa. E) pêssego.
 B) damasco. D) maçã verde.

- 06.** (UFRV-MG) OWGV Acetato de isoamila e 2-metilbutanoato de etila, cujas fórmulas estão representadas a seguir, são substâncias produzidas durante o processo de amadurecimento das maçãs, mascarando o aroma característico do fruto verde.



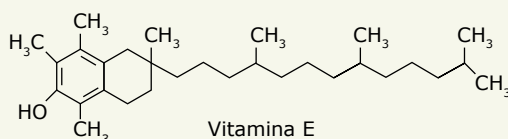
Acetato de isoamila



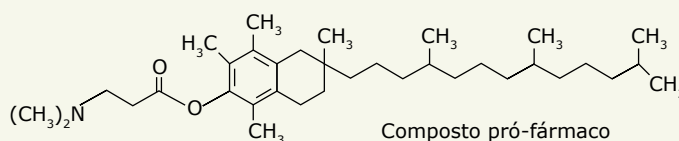
2-metilbutanoato de etila

Sobre as substâncias anteriores, assinale a afirmativa incorreta.

- A) A hidrólise de ésteres promovida por bases é conhecida como reação de saponificação.
 B) A reação de esterificação existe em equilíbrio com a hidrólise de ésteres.
 C) O ácido etanoico (ácido acético) é obtido como um dos produtos da hidrólise ácida do acetato de isoamila.
 D) A hidrólise ácida do 2-metilbutanoato de etila produz etanol e um sal de ácido graxo.
- 07.** (UFRN) Pró-fármacos são substâncias que devem sofrer conversão química ou bioquímica antes de exercerem sua ação farmacológica, ou seja, devem se converter no fármaco quando estão no organismo. A finalidade de se preparar pró-fármacos é resolver inconvenientes que o fármaco pode apresentar. No organismo, enzimas catalisam as reações que liberam as substâncias com ação medicamentosa. Um exemplo desse tipo de reação é a hidrólise de ésteres. O α -tocoferol (vitamina E), por exemplo, apresenta dois inconvenientes: é praticamente insolúvel em água e é rapidamente oxidado pelo oxigênio do ar. Isto dificulta sua administração parenteral. Dessa forma, a vitamina E pode ser preparada como um pró-fármaco mais hidrossolúvel – o éster de d- α -tocoferol. Ambas as substâncias estão representadas na figura a seguir.



Vitamina E



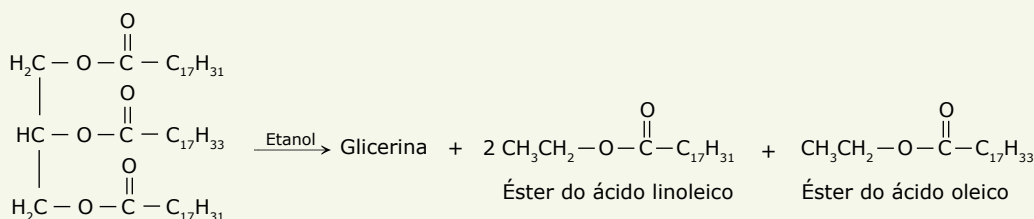
Composto pró-fármaco

QUÍMICA NOVA, n. 1, v. 22, 1999.

Os grupos funcionais que reagem para formar o éster para a obtenção do pró-fármaco, sob catálise adequada, são

- A) grupo aldeído ($R-CO-H$) e grupo carboxila (R_1-COOH).
 B) grupo carboxila ($R-COOH$) e grupo álcool (R_1-OH).
 C) grupo amina ($R-NH_2$) e grupo éter (R_1-O-R_2).
 D) grupo amida ($R-CO-NH_2$) e grupo álcool (R_1-OH).
- 08.** (UFU-MG) O cheiro característico de damasco deve-se principalmente ao butanoato de pentila. Esse composto pode ser sintetizado em laboratório, por meio da reação entre um ácido e um álcool. A esse respeito, escreva
- A) a função química a que pertence o butanoato de pentila.
 B) a fórmula estrutural plana do butanoato de pentila.
 C) as fórmulas estruturais e indique a nomenclatura, segundo a IUPAC, do ácido e do álcool, que devem ser usados como matéria-prima na síntese do butanoato de pentila.

- 09.** (UFMG) V6JT Óleos vegetais contêm ésteres triglicéridos. Ao reagir com etanol, esses triglicéridos se transformam num tipo de biodiesel, isto é, numa mistura de ésteres etílicos. O esquema representa o processo químico envolvido na produção desse biodiesel a partir do éster triglicérido mais abundante do óleo de soja.

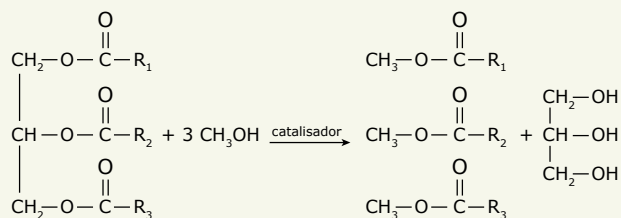


- Considerando as proporções estequiométricas, calcule a massa de etanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, necessária para reagir com 1 mol de triglicérido.
- Escreva a fórmula estrutural da glicerina, um subproduto da produção do biodiesel.
- Indique se a cadeia carbônica ligada à carbonila dos ésteres etílicos dos ácidos oleico e linoleico é saturada ou insaturada. No caso de ser insaturada, indique também o número de ligações duplas existentes na cadeia carbônica.

SEÇÃO ENEM



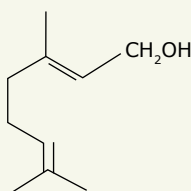
01. A47Q (Enem-2017) O biodiesel é um biocombustível obtido a partir de fontes renováveis, que surgiu como alternativa ao uso do diesel do petróleo para motores de combustão interna. Ele pode ser obtido pela reação entre triglicerídeos, presentes em óleos vegetais e gorduras animais, entre outros, e álcoois de baixa massa molar, como o metanol ou etanol, na presença de um catalisador, de acordo com a equação química:



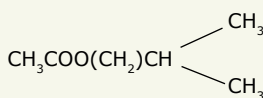
A função química presente no produto que representa o biodiesel é

- A) éter. D) cetona.
 B) éster. E) ácido carboxílico.
 C) álcool.

02. (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 pressentem 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 (Adaptação).

As funções orgânicas que caracterizam os feromônios de trilha e de alarme são, respectivamente,

- A) álcool e éster.
 B) aldeído e cetona.
 C) éter e hidrocarboneto.
 D) enol e ácido carboxílico.
 E) ácido carboxílico e amida.

GABARITO

Meu aproveitamento

Aprendizagem

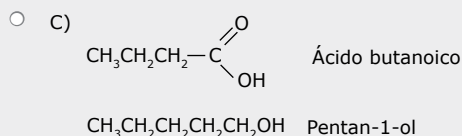
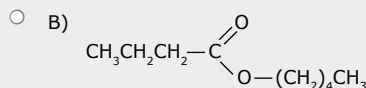
Acertei _____ Errei _____

- 01. E
- 02. E
- 03. B
- 04. E
- 05. B
- 06. D
- 07. B
- 08. C

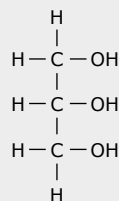
Propostos

Acertei _____ Errei _____

- 01. A
- 02. D
- 03. A
- 04. C
- 05. B
- 06. D
- 07. B
- 08.
- A) Éster



09. 1. m(etanol) = 138 g
 2.



Glicerina

3. O éster do ácido oleico apresenta cadeia carbônica insaturada, pois o número de ligações covalentes duplas é igual a um.

O éster do ácido linoleico também apresenta cadeia carbônica insaturada, pois o número de ligações covalentes duplas é igual a dois.

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

- 01. B
- 02. A



Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

Aminas, Amidas e outras Funções Orgânicas

AMINAS

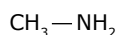
São compostos derivados da amônia, NH_3 , pela substituição de um átomo de H (ou mais) por grupos carbônicos, em que o(s) carbono(s) que se liga(m) ao nitrogênio é(são) saturado(s). As aminas podem ser classificadas em:

- A) Aminas primárias:** nitrogênio ligado a apenas um átomo de carbono.
- B) Aminas secundárias:** nitrogênio ligado a dois átomos de carbono.
- C) Aminas terciárias:** nitrogênio ligado a três átomos de carbono.

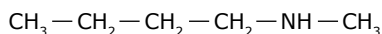
As aminas são os compostos de maior caráter básico na Química Orgânica.

Nomenclatura IUPAC

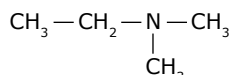
A nomenclatura de uma amina é formada pelos nomes dos grupos ligados ao átomo de nitrogênio, em ordem de complexidade, e o grupo mais complexo recebe a terminação **-amina**.



Metilamina ou metanamina



Metilbutilamina ou N-metilbutanamina



Dimetiletilamina ou N,N-dimetiletanamina

Aplicações das aminas

As aminas são utilizadas em inúmeras sínteses orgânicas, na vulcanização da borracha, na fabricação de alguns tipos de sabões, na preparação de corantes e na produção de medicamentos.

Fontes naturais das aminas

Na natureza, geralmente, as aminas são extraídas de vegetais (na forma de alcaloides). As aminas também são produzidas pela decomposição de cadáveres, principalmente de cadáveres de peixes.

AMIDAS

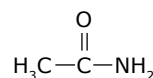
Compostos derivados dos ácidos carboxílicos por substituição da hidroxila de um nitrogênio, ou seja, o grupo funcional é constituído por um átomo de nitrogênio ligado a uma carbonila. Apesar de possuírem um átomo de oxigênio em seu grupo funcional, as amidas são consideradas compostos nitrogenados.

As amidas podem ser classificadas em:

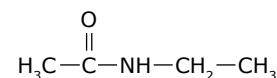
- A) Amidas não substituídas:** amidas em que o nitrogênio está ligado à carbonila e a dois hidrogênios.
- B) Amidas N-substituídas:**
 - **Amidas monossustituídas:** amidas em que o nitrogênio está ligado à carbonila e a um grupo carbônico;
 - **Amidas dissustituídas:** amidas em que o nitrogênio está ligado à carbonila e a dois grupos carbônicos.

Nomenclatura IUPAC

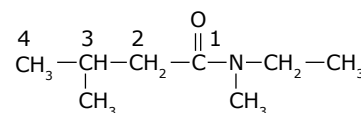
A nomenclatura de uma amida não substituída é derivada da nomenclatura dos ácidos carboxílicos. Deve-se substituir a terminação **-ico** do ácido carboxílico de origem pela terminação **-amida**. Na nomenclatura de uma amida N-substituída, escreve-se a letra N seguida do nome dos grupos ligados ao nitrogênio, um a um, em ordem de complexidade. Para numerar a cadeia de uma amida, deve-se começar pelo carbono do grupamento carbonila.



Etanamida
(amida não substituída)



N-etiletanamida
(amida monossustituída)



N-metil-N-etil-3-metilbutanamida
(amida dissustituída)

Aplicações das amidas

As amidas são matérias-primas para inúmeras sínteses orgânicas. No âmbito industrial, os compostos mais importantes obtidos a partir das amidas são as poliamidas, entre elas o náilon.

Fontes naturais das amidas

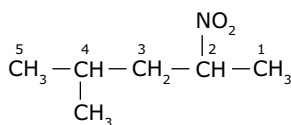
As amidas raramente são encontradas na natureza, sendo geralmente sintetizadas em laboratório.

NITROCOMPOSTOS

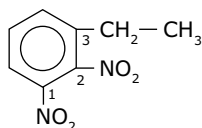
São compostos orgânicos que apresentam o grupamento nitro ($-\text{NO}_2$) ligado a átomo de carbono. Os nitrocompostos podem ser considerados compostos derivados dos hidrocarbonetos pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio pelo grupamento nitro ($-\text{NO}_2$).

Nomenclatura IUPAC

A nomenclatura de um nitrocomposto é formada antepondo-se o termo **nitro-** à nomenclatura do hidrocarboneto de origem. Entretanto, nos dinitros, trinitrocompostos, etc., deve-se apenas antepor os termos **dinitro-**, **trinitro-**, etc., ao nome do hidrocarboneto de origem. Para numerar a cadeia de um nitrocomposto, deve-se começar pela extremidade mais próxima do grupamento nitro.



4-metil-2-nitropentano



3-etil-1,2-dinitrobenzeno

Aplicações dos nitrocompostos

Os nitrocompostos são muito utilizados na fabricação de explosivos, como a combinação de trinitrotolueno (TNT) e trinitrato de glicerina (nitroglicerina), que são utilizados na fabricação da dinamite.

NITRILAS

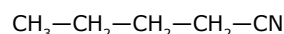
São compostos derivados do ácido cianídrico, HCN, pela substituição de um átomo de H por grupos carbônicos alquila ou arila.

Nomenclatura IUPAC

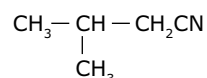
A nomenclatura de uma nitrila é formada pelo nome do hidrocarboneto de origem com a terminação **-nitrila**.

Nomenclatura usual

A nomenclatura de uma nitrila é formada pelo nome do grupo funcional **cianeto** seguido da preposição **de** e do nome do grupo alquila ou arila ligado a esse grupamento funcional.



Pentanonitrila ou cianeto de butila



3-metilbutanonitrila ou cianeto de isobutila

ISONITRILAS OU CARBILAMINAS

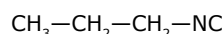
São compostos derivados do ácido isocianídrico, HNC, pela substituição de um átomo de H por grupos carbônicos alquila ou arila.

Nomenclatura IUPAC

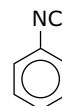
A nomenclatura de uma isonitrila é formada pelo nome do radical do hidrocarboneto que origina o grupamento alquila ou arila ligado ao grupamento funcional isocianeto ($-\text{NC}$) com a terminação **-carbilamina**.

Nomenclatura usual

A nomenclatura usual de uma isonitrila é formada pelo nome do grupo funcional **isocianeto** seguido da preposição **de** e do nome do radical alquila ou arila ligado a esse grupamento funcional.



Propilcarbilamina ou isocianeto de propila

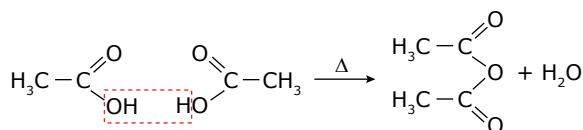


Benzilcarbilamina ou isocianeto de fenila

ANIDRIDOS

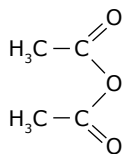
São compostos obtidos da desidratação intermolecular (acíclicos) ou intramolecular (cíclicos) dos ácidos carboxílicos.

Exemplo:

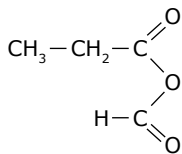


Nomenclatura IUPAC

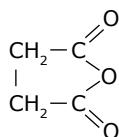
A nomenclatura de um anidrido é igual à nomenclatura do ácido carboxílico de origem, se o anidrido for simétrico (anidrido obtido a partir de moléculas de um único ácido carboxílico), trocando-se a palavra ácido pela palavra **anidrido**. Todavia, quando o anidrido é assimétrico, cita-se primeiramente o nome do ácido de menor cadeia carbônica.



Anidrido etanoico ou acético
(anidrido simétrico)



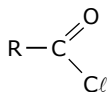
Anidrido metanoico-propanoico
(anidrido assimétrico)



Anidrido butanodioico ou succínico
(anidrido simétrico e cíclico)

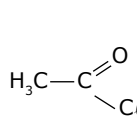
CLORETOS DE ÁCIDOS

São compostos derivados dos ácidos carboxílicos por substituição da hidroxila por cloro, ou seja, o grupo funcional é constituído de um átomo de cloro ligado a uma carbonila. Teoricamente, podemos considerá-los anidridos de ácidos carboxílicos e ácido clorídrico. Todavia, experimentalmente, essa reação direta não é verificada. A fórmula geral desses compostos é:

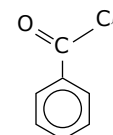


Nomenclatura IUPAC

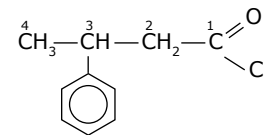
A nomenclatura de um cloreto de ácido é derivada da nomenclatura dos ácidos carboxílicos; deve-se citar o nome **cloreto** seguido da preposição **de** e substituir a terminação **-ico** do ácido carboxílico de origem pela terminação **-ila**. Para numerar a cadeia de um cloreto de ácido, deve-se começar pelo carbono do grupamento carbonila.



Cloreto de etanoíla ou acetila



Cloreto de benzoíla



Cloreto de 3-fenilbutanoíla

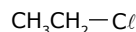
COMPOSTOS HALOGENADOS OU HALETOS ORGÂNICOS

São compostos orgânicos que possuem pelo menos um halogênio ligado diretamente a um carbono da cadeia carbônica. Os halogênios serão representados genericamente por X (X = F, Cl, Br e I).

Nomenclatura IUPAC

A nomenclatura de um haleto orgânico é a mesma do hidrocarboneto de origem, considerando o halogênio como uma ramificação e não como um grupamento funcional.

Assim, a ordem de importância para se numerar os carbonos da cadeia principal é insaturação > ramificação e halogênio. Na nomenclatura usual, usam-se as expressões cloreto de, brometo de, etc., seguidas do nome do grupamento orgânico ligado ao halogênio; (nome do halogênio) de (nome do grupo).



Cloroetano
(cloreto de etila)



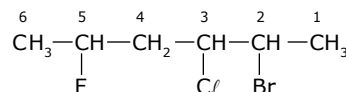
Triclorometano
(clorofórmio)



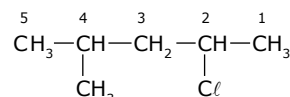
Fluormetano
(fluoreto de metila)



Iodobenzeno
(iodeto de fenila)



2-bromo-3-cloro-5-fluorexano



2-cloro-4-metilpentano

Aplicações dos compostos halogenados

Os compostos halogenados são utilizados como solventes e como matéria-prima para a produção industrial de plásticos (PVC), medicamentos, inseticidas (BHC e DDT) e chumbo tetraetila (antigo antidetonante da gasolina). Alguns haletos de cloro e flúor ainda são utilizados como gases propelentes em aerossóis e em sistemas de refrigeração (os freons, CFCs, são gases responsáveis pela destruição da camada de ozônio).

Fontes naturais dos compostos halogenados

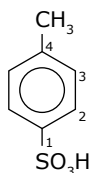
Os haletos não são encontrados na forma livre na natureza. Geralmente, são produzidos em laboratório.

ÁCIDOS SULFÔNICOS

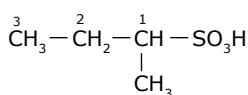
São compostos orgânicos derivados do ácido sulfúrico pela substituição de um grupamento hidroxila (—OH) por um grupamento orgânico.

Nomenclatura IUPAC

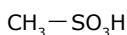
A nomenclatura de um ácido sulfônico é a mesma do hidrocarboneto de origem, precedida pela palavra **ácido** e com a terminação **-sulfônico**. Para numerar a cadeia de um ácido sulfônico, deve-se começar pelo carbono ligado ao grupamento SO_3H .



Ácido 4-metilbenzenossulfônico
ou
p-toluenossulfônico



Ácido 1-metilpropanossulfônico



Ácido metanossulfônico

TIOÁLCOOIS OU TIÓIS

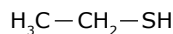
Em Química, o prefixo **-tio** indica a substituição de um átomo de oxigênio por um átomo de enxofre. Assim, os tioálcoois ou tióis são compostos orgânicos semelhantes aos álcoois (que apresentam o grupamento funcional —OH) em que encontramos, no lugar dos átomos de oxigênio, átomos de enxofre (que apresentam o grupamento funcional —SH). Tais compostos também são denominados mercaptanas.

Nomenclatura IUPAC

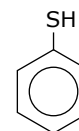
A nomenclatura de um tioálcool é a mesma do hidrocarboneto de origem com a terminação **-tiol**. Para numerar a cadeia de um tioálcool, deve-se começar pela extremidade mais próxima ao carbono ligado ao grupamento —SH.

Nomenclatura usual

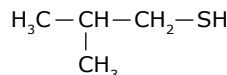
A nomenclatura usual de um tioálcool considera a nomenclatura do grupo alquila ou arila de origem, seguida da expressão **mercaptana** ou **hidrogenossulfeto**.



Etantiol,
etilmercaptana ou
etilidrogenossulfeto



Benzenatiol,
fenilmercaptana ou
fenilidrogenossulfeto



2-metilpropano-1-tiol,
isobutilmercaptana ou
isobutilidrogenossulfeto

TIOÉTERES OU SULFETOS

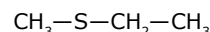
São compostos que possuem o enxofre (—S—) como grupamento funcional. Os tioéteres podem ser considerados compostos derivados dos éteres pela substituição do átomo de oxigênio pelo átomo de enxofre.

Nomenclatura IUPAC

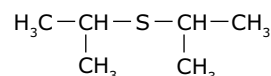
A nomenclatura de um tioéter inicia-se a partir do nome do grupo alquila ou arila (cadeia de menor número de carbonos), adicionando-se o prefixo **-tio** ao nome do hidrocarboneto de origem (cadeia de maior número de carbonos).

Nomenclatura usual

Inicia-se com a palavra **sulfeto**, seguido dos nomes dos grupos alquila ou arila (em ordem alfabética), e adicionando o sufixo **-ílico** ao último substituinte.



Metiltioetano ou sulfeto de etilmetílico

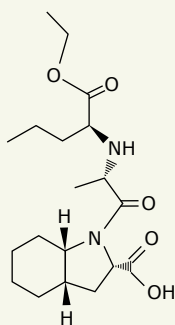


Isopropiltioisopropano ou sulfeto diisopropílico

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



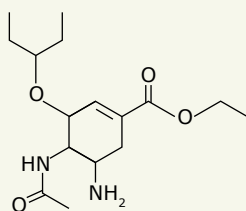
- 01.** (UFTM-MG) No ano de 2011, comemora-se o Ano Internacional da Química. A celebração, coordenada pela UNESCO/IUPAC, ressalta os inúmeros benefícios da química para a humanidade e tem o mote *Química para um Mundo Melhor*. Seu objetivo principal é a educação, em todos os níveis, e uma reflexão sobre 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 o perindopril, empregado no controle da hipertensão arterial.



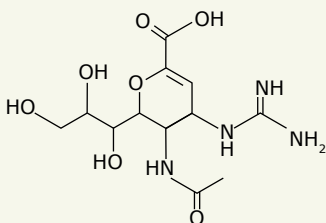
Perindopril

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.
- 02.** (FUVEST-SP) Em 2009, o mundo enfrentou uma epidemia, causada pelo vírus A (H1N1), que ficou conhecida como gripe suína. A descoberta do mecanismo de ação desse vírus permitiu o desenvolvimento de dois medicamentos para combater a infecção, por ele causada, e que continuam necessários, apesar de já existir e estar sendo aplicada a vacina contra esse vírus. As fórmulas estruturais dos princípios ativos desses medicamentos são:



Oseltamivir

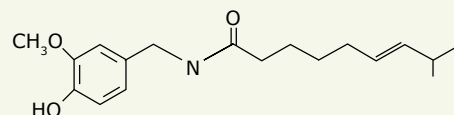


Zanamivir

Examinando-se as fórmulas desses compostos, verifica-se que dois dos grupos funcionais que estão presentes no oseltamivir estão presentes também no zanamivir.

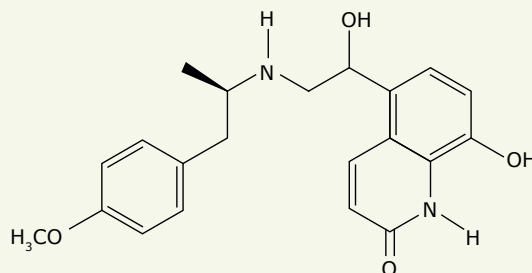
Esses grupos são característicos de

- A) amidas e éteres.
 B) ésteres e álcoois.
 C) ácidos carboxílicos e éteres.
 D) ésteres e ácidos carboxílicos.
 E) amidas e álcoois.
- 03.** (UFPR) A capsaicina é a substância responsável pelo sabor picante de várias espécies de pimenta. A capsaicina é produzida como metabólito e tem provável função de defesa contra herbívoros. A estrutura química da capsaicina está indicada a seguir:



Assinale a alternativa que apresenta as funções orgânicas presentes nessa molécula.

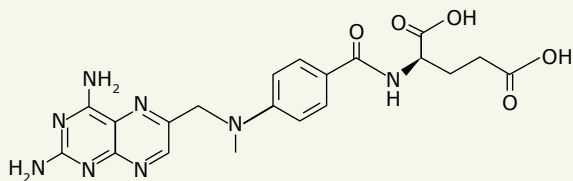
- A) Fenol, éter e amida
 B) Fenol, álcool e amida
 C) Álcool, éster e amina
 D) Fenol, amina e cetona
 E) Éster, álcool e amida
- 04.** (UFRGS-RS) O carmaterol, cuja estrutura é mostrada a seguir, está em fase de testes clínicos para o uso no tratamento de asma.



Assinale a alternativa que contém funções orgânicas presentes no carmaterol.

- A) Ácido carboxílico, éter e fenol.
 B) Amina, amida e fenol.
 C) Álcool, éster e fenol.
 D) Aldeído, amina e éter.
 E) Álcool, amina e éster.

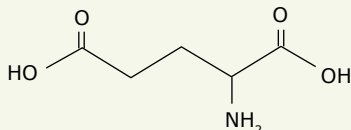
- 05.** (PUC Minas) O metotrexato é um medicamento usado para o tratamento de pacientes com certos tipos de câncer. Sua estrutura química está representada a seguir:



Metotrexato

São funções orgânicas presentes na molécula do metotrexato, exceto

- A) Ácido carboxílico C) Amina
 B) Amida D) Álcool
- 06.** (UESPI) O ácido glutâmico é um dos aminoácidos codificados pelo código genético, sendo, portanto, um dos componentes das proteínas dos seres vivos. É um aminoácido não essencial. Sabendo que sua fórmula estrutural é:

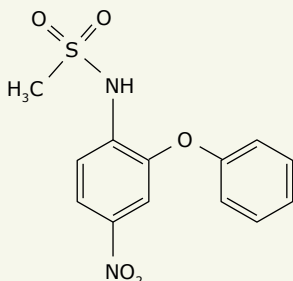


Assinale a alternativa que apresenta o nome do ácido glutâmico de acordo com a nomenclatura IUPAC.

- A) Ácido 2-aminopentanodioico.
 B) Ácido 4-aminopentanodioico.
 C) Ácido 2-aminopropanodioico.
 D) Ácido 4-aminopropanoico.
 E) 2-aminoácido propanoico.

Instrução: Leia o texto a seguir para responder à questão **07**.

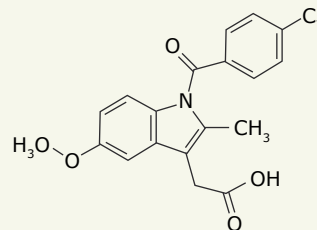
Considere a nimesulida (4-nitro-2-fenoxi-metano-sulfonânida), um fármaco amplamente utilizado como anti-inflamatório não esteroide.



Nimesulida

- 07.** (FASM-SP) Examinando-se a fórmula estrutural e o nome químico da nimesulida, pode-se concluir que este fármaco
- A) é um álcool.
 B) é um composto alifático.
 C) é um ácido carboxílico forte.
 D) apresenta ligação iônica em sua estrutura.
 E) apresenta o agrupamento característico dos nitrocompostos.

- 08.** (PUC Rio) 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:

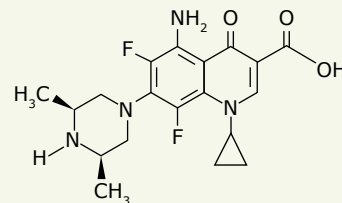


- A) Éter, nitrila e ácido carboxílico.
 B) Éter, ácido carboxílico e haleto.
 C) Fenol, éter e haleto.
 D) Cetona, álcool e anidrido.
 E) Éster, nitrila e cetona.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

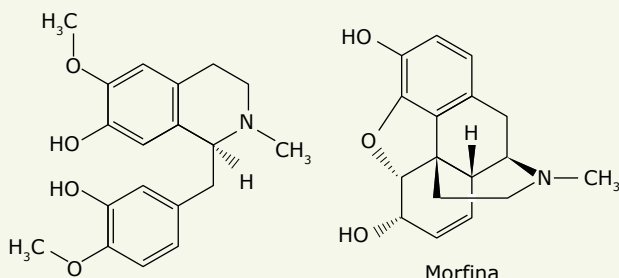


- 01.** (PUC Rio) A esparfloxacina é uma substância pertencente à classe das fluoroquinolonas, que possui atividade biológica comprovada.



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.
- 02.** (UFRGS-RS-2016) Reproduzir artificialmente todo o percurso químico de produção da morfina que acontece nas papoulas é um grande desafio. Em 2015, através da modificação genética do fermento, cientistas conseguiram transformar açúcar em reticulina, cuja transformação em morfina, usando fermentos modificados, já era conhecida.



Reticulina

Morfina

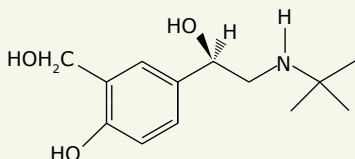
Considere as afirmações a seguir, sobre a reticulina e a morfina.

- I. Ambas apresentam as funções éter e hidroxila fenólica.
- II. Ambas apresentam uma amina terciária.
- III. Ambas apresentam dois anéis aromáticos.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

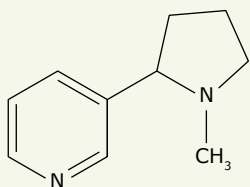
- 03.** (UEPG-RS-2015) Com relação à estrutura a seguir, assinale o que for correto.
7665



01. Apresenta seis carbonos sp^2 e sete carbonos sp^3 .
02. Sua fórmula molecular é $C_{13}H_{19}O_3$.
04. É possível reconhecer uma amina secundária no composto.
08. Os grupos funcionais presentes na estrutura são: fenol, álcool e amina.

Soma ()

- 04.** (UFRGS-RS-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.



Nicotina

Sobre a nicotina, são feitas as seguintes afirmações.

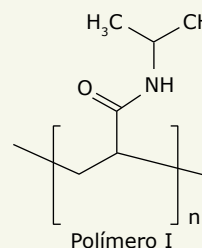
- I. Contém dois heterociclos.
- II. Apresenta uma amina terciária na sua estrutura.
- III. Possui a fórmula molecular $C_{10}H_{14}N_2$.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

- 05.** (Unesp) 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 $34^\circ C$ 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.

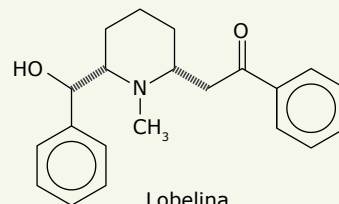
Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br> (Adaptação).



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. | D) hidrocarboneto. |
| B) amida. | E) éster. |
| C) aldeído. | |

- 06.** (UEPA-2015) A imensa flora das Américas deu significativas contribuições à terapêutica, como a descoberta da lobelina (figura a seguir), molécula polifuncionalizada isolada da planta *Lobelia nicotinaefolia* 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.

07. (UECE) Os compostos orgânicos estão presentes na maioria dos materiais de uso diário. Analise as substâncias apresentadas na seguinte tabela e assinale a afirmação correta.

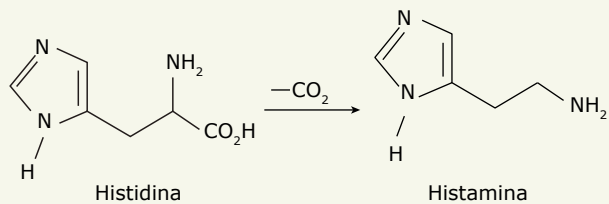
F1AB

Substância	Fórmula estrutural	Aplicação
Metoxiterciobutano		Antidetonante da gasolina
Ureia		Usado como adubo
Acetaminofeno		Analgésico antitérmico

- A) A ureia é uma amida e tem característica básica.
- B) O metoxiterciobutano é um éster.
- C) A fórmula química do acetaminofeno é C₇H₇O₂N.
- D) De todos os átomos de carbono das três substâncias, existe pelo menos um do tipo sp.

08. (PUC Rio) A histamina é uma substância que pode ser encontrada no organismo humano, proveniente da descarboxilação da histidina, conforme representado a seguir.

NX4G



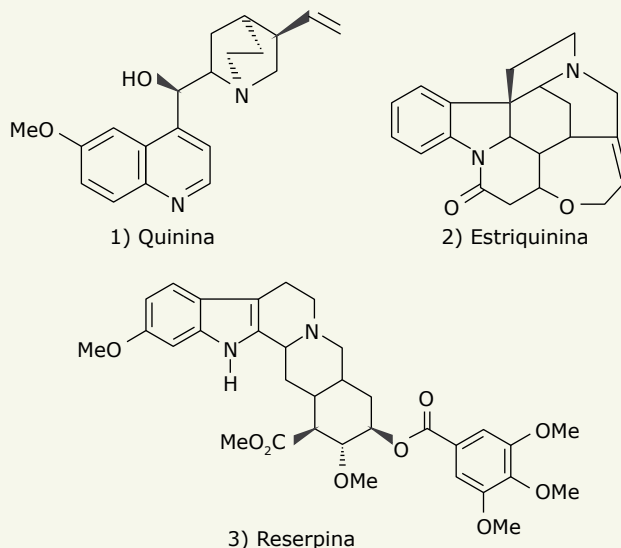
Nas estruturas de histidina e histamina, estão presentes as funções orgânicas

- A) amida e amina.
- B) aldeído e amina.
- C) aldeído e amida.
- D) ácido carboxílico e amina.
- E) ácido carboxílico e amida.

09. (UPF-RS-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.

04G4

Observe a fórmula estrutural dos alcaloides.

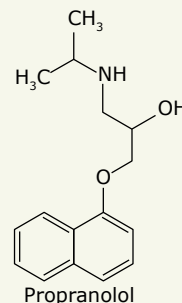


Sobre as estruturas das substâncias químicas descritas acima, assinale a alternativa incorreta.

- 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.

Instrução: Leia o texto a seguir para responder à questão 10.

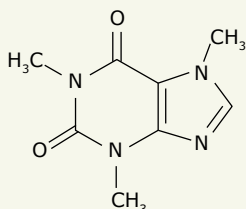
Em todos os jogos olímpicos há sempre uma grande preocupação do Comitê Olímpico em relação ao *doping*. Entre as classes de substâncias dopantes, os betabloqueadores atuam no organismo como diminuidores dos batimentos cardíacos e como antiangiolíticos. O propranolol foi um dos primeiros betabloqueadores de sucesso desenvolvidos e é uma substância proibida em jogos olímpicos.



10. (Unesp) A partir da análise da fórmula estrutural do propranolol, assinale a alternativa que apresenta corretamente sua fórmula molecular e as funções orgânicas presentes.

- A) $C_{16}H_{21}NO_2$, amina, álcool e éter.
 B) $C_{16}H_8NO_2$, amida, fenol e éter.
 C) $C_{16}H_{21}NO_2$, amida, álcool e éter.
 D) $C_{16}H_8NO_2$, amina, álcool e éster.
 E) $C_{16}H_8NO_2$, amina, álcool e éter.

11. (UECE-2015) O café é uma bebida produzida a partir dos grãos torrados do fruto do cafeeiro. Servido tradicionalmente quente, o café é um estimulante por possuir cafeína - geralmente 60 a 150 mg para cada 150 mL (capacidade de uma xícara), dependendo do método de preparação. É aconselhável que se beba uma quantidade limitada em até três xícaras de café por dia, pois a cafeína em excesso pode causar nervosismo, aceleração do batimento cardíaco, elevação da pressão arterial, dentre outras condições indesejáveis.



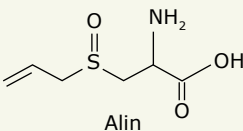
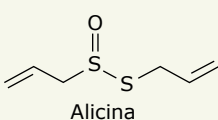
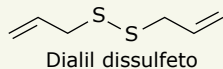
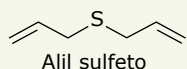
Estrutura da cafeína

Com relação à estrutura da cafeína, assinale a afirmação verdadeira.

- A) Como existem átomos de nitrogênio, é um alcaloide que pertence à função amida.
 B) Na cadeia carbônica existe somente um anel benzênico.
 C) Possui cinco átomos de carbono do tipo sp^2 .
 D) É uma anfetamina que pertence à função amina.

12. (FUVEST-SP) Qual a fórmula estrutural e o nome do composto $CH_3-C_6H_2(NO_2)_3$, sabendo-se que ele contém anel aromático?

13. (UFJF-MG) O alho é utilizado desde a antiguidade como remédio, devido às suas propriedades antimicrobianas e aos seus efeitos benéficos para o coração. Além disso, o alho possui um ótimo valor nutricional, contendo vitaminas, aminoácidos, sais minerais e compostos biologicamente ativos, como a alicina. Alguns dos constituintes do alho são mostrados a seguir:

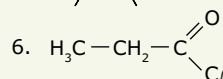
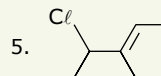
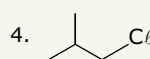
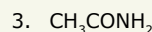
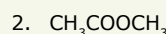
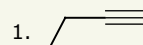


Com relação às estruturas dessas moléculas, assinale a alternativa incorreta.

- A) A molécula do alin possui as funções amina e ácido carboxílico.
 B) Existem 4 (quatro) átomos de carbono sp^2 na molécula de alicina.
 C) As quatro moléculas mostradas anteriormente possuem em comum a função alceno.
 D) O alil sulfeto apresenta 2 (dois) átomos de carbonos terciários.
 E) A fórmula molecular do dialil dissulfeto é $C_6H_{10}S_2$.

14. (UEPB) Dadas as fórmulas a seguir, faça as associações.

E4NS



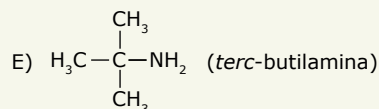
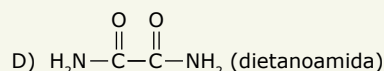
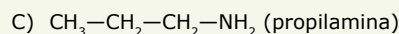
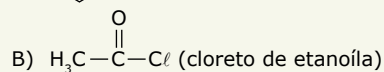
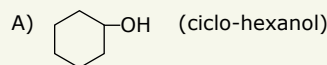
- A. Etanoato de metila
 B. Cloreto de isobutila
 C. Cloreto de propanoíla
 D. 1-butino
 E. 4-cloro-3-metil-pent-2-eno
 F. Etanamida

Assinale a alternativa que apresenta as associações corretas.

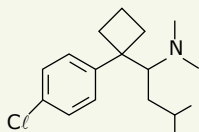
- A) 1E; 2F; 3A; 4C; 5D; 6B
 B) 1D; 2A; 3F; 4B; 5E; 6C
 C) 1A; 2B; 3D; 4E; 5F; 6C
 D) 1C; 2F; 3A; 4B; 5E; 6D
 E) 1B; 2A; 3D; 4F; 5C; 6E

15. (PUC Minas) O nome das substâncias está incorretamente indicado nos parênteses em

RLZQ



- 16.** (Mackenzie-SP) Utilizado para inibir o apetite e ajudar no emagrecimento, o cloridrato de sibutramina pode trazer riscos ao coração e ao sistema nervoso central, segundo afirmação de técnicos da Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), em audiência pública realizada em 23/02/2011.



A fórmula estrutural do cloridrato de sibutramina está representada anteriormente e, a respeito da mesma, considere as afirmações:

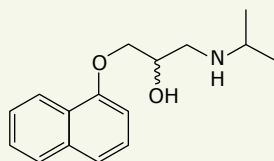
- I. Existe um átomo de carbono terciário com hibridização sp^2 .
- II. Sua fórmula molecular é $C_{17}H_{25}NCl$.
- III. Possui 6 elétrons π ressonantes.
- IV. Apresenta os grupos funcionais haleto orgânico e amida.

Estão corretas, somente,

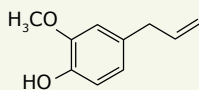
- A) I, III e IV. C) I, II e III. E) II e III.
B) II, III e IV. D) I e III.

- 17.** (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.

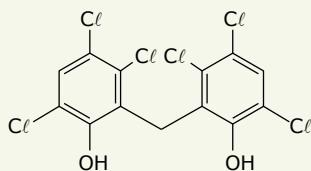
- A) O propranolol, fármaco anti-hipertensivo indicado para o tratamento e prevenção do infarto do miocárdio, contém as seguintes funções orgânicas: álcool e amida.



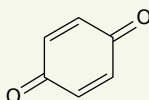
- B) O eugenol, que possui efeitos medicinais que auxiliam no tratamento de náuseas, flatulências, indigestão e diarreia contém a função éter.



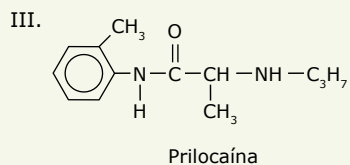
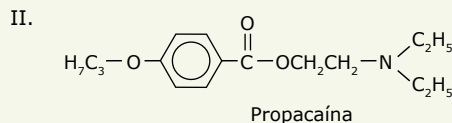
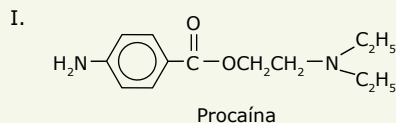
- C) O composto a seguir é um antisséptico que possui ação bacteriostática e detergente, e pertence à família dos álcoois aromáticos.



- D) O *p*-benzoquinona, usado como oxidante em síntese orgânica é um éster cíclico.



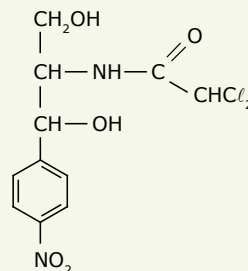
- 18.** (UFG-GO) A maioria dos anestésicos locais consiste de uma parte hidrofóbica, que é um anel aromático substituído, e aminas primária, secundária ou terciária. A seguir, as formas estruturais planas de três anestésicos são apresentadas.



Para cada uma das estruturas anteriores,

- A) Classifique as aminas presentes na cadeia alifática.
- B) Identifique os grupos funcionais ligados ao anel aromático.

- 19.** (PUC Minas-2015) A estrutura do cloranfenicol, antibiótico de elevado espectro de ação, encontra-se apresentada a seguir:



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.

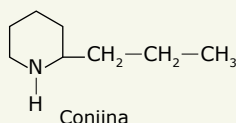
- 20.** (UECE-2015) Com relação às funções orgânicas, assinale a afirmação verdadeira.

- A) Os álcoois são compostos que apresentam grupos oxidrila (OH) ligados a átomos de carbono saturados com hibridização sp^2 , enquanto os fenóis são compostos que apresentam grupos oxidrila (OH) ligados ao anel aromático.

- B) O éter é uma substância que tem dois grupos orgânicos ligados ao mesmo átomo de oxigênio, $R-O-R_1$. Os grupos orgânicos podem ser alquila ou arila, e o átomo de oxigênio só pode fazer parte de uma cadeia fechada.
- C) Os tióis ($R-S-H$) e os sulfetos ($R-S-R_1$) são análogos sulfurados de álcoois e ésteres.
- D) Os ésteres são compostos formados pela troca do hidrogênio presente na carboxila dos ácidos carboxílicos por um grupo alquila ou arila.

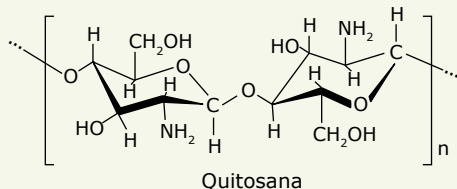
SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2017) Plantas apresentam substâncias utilizadas para diversos fins. A morfina, por exemplo, extraída da flor da papoula, é utilizada como medicamento para aliviar dores intensas. Já a coniina é um dos componentes da cicuta, considerada uma planta venenosa. Suas estruturas moleculares são apresentadas na figura.



O grupo funcional comum a esses fitoquímicos é o(a)

- A) éter. C) fenol. E) amina.
B) éster. D) álcool.
02. (Enem) Duas matérias-primas encontradas em grande quantidade no Rio Grande do Sul, a quitosana, um biopolímero preparado a partir da carapaça do camarão, e o polioli, obtido a partir do óleo do grão de soja, são os principais componentes de um novo material para incorporação de partículas ou princípios ativos utilizados no preparo de vários produtos. Esse material apresenta viscosidade semelhante à de substâncias utilizadas atualmente em vários produtos farmacêuticos e cosméticos, e fabricadas a partir de polímeros petroquímicos, com a vantagem de ser biocompatível e biodegradável. A fórmula estrutural da quitosana está apresentada em:



CARAPAÇA VERSÁTIL. Pesquisa Fapesp.

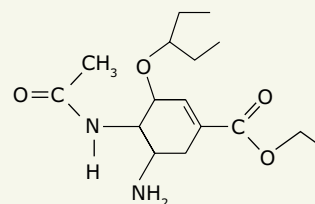
Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br>>.

Acesso em: 20 maio 2009

(Adaptação).

Com relação às características do material descrito, pode-se afirmar que

- A) o uso da quitosana é vantajoso devido a suas propriedades, pois não existem mudanças em sua pureza e peso molecular, características dos polímeros, além de todos os seus benefícios ambientais.
- B) a quitosana tem em sua constituição grupos amina, pouco reativos e não disponíveis para reações químicas, com as vantagens ambientais comparadas com os produtos petroquímicos.
- C) o polímero natural quitosana é de uso vantajoso, pois o produto constituído por grupos álcool e amina tem vantagem ambiental comparado com os polímeros provenientes de materiais petroquímicos.
- D) a quitosana é constituída por grupos hidroxila em carbonos terciários e derivados com polioli, dificilmente produzidos, e traz vantagens ambientais comparadas com os polímeros de produtos químicos.
- E) a quitosana é um polímero de baixa massa molecular, e o produto constituído por grupos álcool e amida é vantajoso para aplicações ambientais em comparação com os polímeros petroquímicos.
03. O fosfato de oseltamivir, conhecido popularmente como TAMIFLU®, produzido pelos laboratórios Roche, está sendo usado no combate à pandemia de gripe suína iniciada neste ano, no México. Ele é considerado uma pró-droga, ou seja, dentro do organismo, especificamente no fígado e no intestino, ele é convertido em outra substância, o carboxilato de oseltamivir, que impede a saída do vírus de uma célula para outra. Um estudante, utilizando os recursos da Internet, pesquisou a estrutura do TAMIFLU®, encontrando a estrutura a seguir:



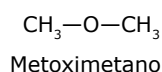
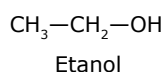
Baseado no exposto, é correto o que se afirma em:

- A) Essa estrutura é a fórmula química do remédio fosfato de oseltamivir.
- B) A estrutura apresentada possui grupo de caráter ácido, portanto, não reage facilmente com o ácido fosfórico (H_3PO_4).
- C) A estrutura citada não mostra a possibilidade de formação do carboxilato, que é a estrutura atuante no impedimento de propagação do vírus de uma célula para outra.
- D) O fosfato de oseltamivir é um sal inorgânico proveniente da reação da molécula ilustrada com o ácido fosfórico numa reação de neutralização.
- E) O fato de o remédio ser excretado pela urina (via renal) pode ser explicado pelas interações de grupos polares da estrutura apresentada com moléculas de água que compõem a urina.

Isomeria Plana

ISOMERIA

Se um químico necessita identificar uma substância líquida contida em um frasco, cujo rótulo apresenta a fórmula C_2H_6O , ele terá de realizar alguns testes, pois em Química Orgânica é muito comum substâncias diferentes apresentarem a mesma fórmula molecular, mas fórmulas estruturais diferentes. Essa propriedade é denominada isomeria, e dizemos que os compostos que a possuem são isômeros entre si. Veja que a fórmula C_2H_6O pode representar um álcool e um éter:



Isomeria é a propriedade que alguns compostos apresentam por possuírem a mesma fórmula molecular, porém fórmulas estruturais diferentes.

Isomeria Plana

Tipo de isomeria em que as diferenças entre os isômeros são constatadas pela simples análise das fórmulas estruturais planas.

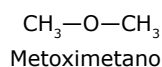
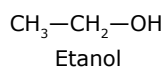
Isomeria de função

Tipo de isomeria plana em que os isômeros pertencem a diferentes funções.

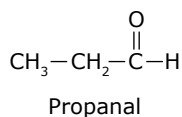
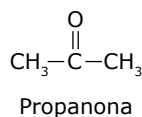
Isomeria de função: os isômeros possuem grupos funcionais diferentes.

Os principais pares de isômeros funcionais são:

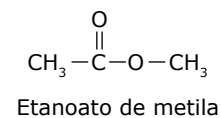
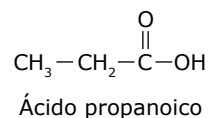
- Álcoois e éteres



- Aldeídos e cetonas



- Ácidos carboxílicos e ésteres



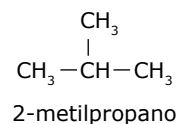
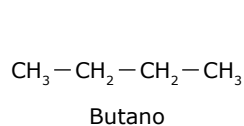
Isomeria de cadeia

Tipo de isomeria plana em que os isômeros pertencem à mesma função, porém diferem em relação à classificação de suas cadeias carbônicas.

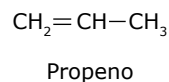
Isomeria de cadeia: os isômeros pertencem à mesma função e têm cadeias carbônicas diferentes.

É bom saber...

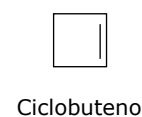
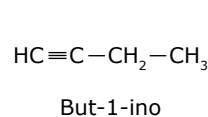
- Toda cadeia carbônica não ramificada, saturada ou insaturada (por ligação dupla), com quatro ou mais carbonos, possui pelo menos um isômero de cadeia ramificada.



- Toda cadeia carbônica aberta, insaturada (com uma ligação dupla), com três ou mais carbonos, possui um isômero de cadeia fechada e saturada.



- Toda cadeia carbônica aberta, insaturada (com uma ligação tripla), com três ou mais carbonos, possui um isômero de cadeia fechada e insaturada com uma ligação dupla.



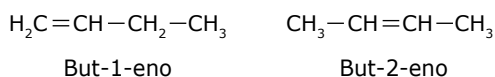
Isomeria de posição

Tipo de isomeria plana em que os isômeros apresentam mesma função e mesma cadeia principal, porém diferem em relação à posição de uma insaturação, um grupo funcional ou uma ramificação.

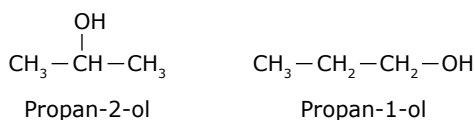
Isomeria de posição: os isômeros pertencem à mesma função, têm cadeias iguais e diferentes localizações de insaturações, grupos funcionais ou ramificações.

Exemplos:

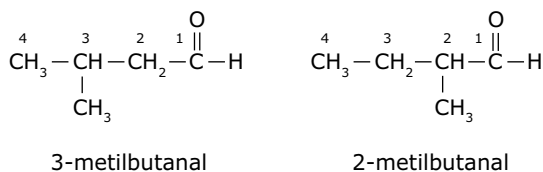
1. Posição de uma insaturação:



2. Posição de um grupo funcional:



3. Posição de uma ramificação:

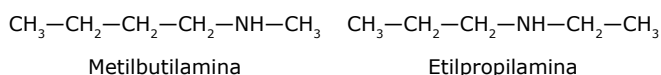


Isomeria de compensação ou metameria

Tipo de isomeria plana em que os isômeros pertencem à mesma função e possuem a mesma cadeia principal, porém, diferem em relação à posição de um heteroátomo.

Isomeria de compensação: os isômeros pertencem à mesma função e apresentam grupos diferentes ligados ao heteroátomo.

Exemplos:



* Enol = composto que possui como grupo funcional a hidroxila ($-\text{OH}$), ligada diretamente a um carbono insaturado por uma ligação dupla (hibridação sp^2).

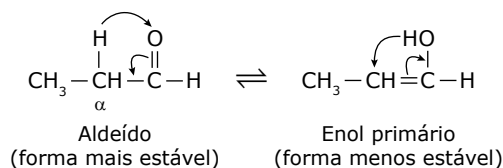
Isomeria plana dinâmica ou tautomeria

Tipo de isomeria que ocorre devido à migração de um átomo (normalmente de hidrogênio), dentro da molécula de um determinado composto, ocasionando a alteração do grupo funcional.

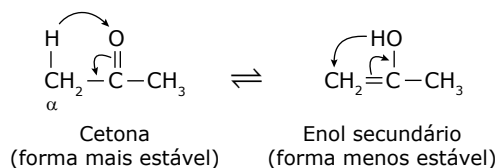
A tautomeria também é chamada de isomeria dinâmica, pois os isômeros são convertidos um no outro indefinidamente, estabelecendo um estado de equilíbrio. Os isômeros que realizam a tautomeria são denominados tautômeros. Nesse equilíbrio, o tautômero mais estável é aquele que se encontra em maior concentração.

Os dois principais pares de tautômeros são

- Enol* primário e aldeído (tautomeria aldolenólica)



- Enol secundário e cetona (tautomeria cetoenólica)



Tautomeria: é um tipo particular de isomeria de função em que há a conversão dos isômeros.

Se deixarmos um enol em um recipiente, depois de certo tempo poderemos verificar o aparecimento de um aldeído ou de uma cetona, dependendo do enol em questão. Isso se deve à migração de átomos de hidrogênio conforme verificamos anteriormente.

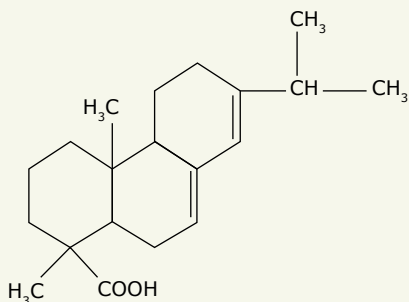
OBSERVAÇÃO

Em aldeídos e cetonas que não possuem hidrogênios em carbonos α , não se observa o fenômeno da tautomeria.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (FMP-RJ-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.

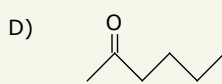
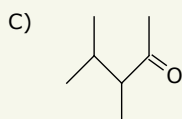


Um isômero de função mais provável desse composto pertence à função denominada

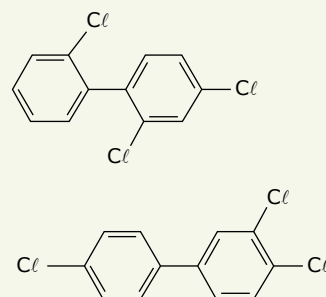
- A) amina.
B) éster.
C) aldeído.
D) éter.
E) cetona.

- 02.** (UECE) ^{7DNØ} 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.



- 03.** (ESCS-DF) Em 1968 no Japão, mais de mil pessoas adoeceram após comerem óleo de farelo de arroz que havia sido contaminado com bifenilas policloradas. Estes compostos são utilizados na fabricação de tintas, ceras, adesivos, lubrificantes e estão entre os mais perigosos já sintetizados, pois podem provocar danos aos sistemas imunológico, nervoso, endócrino e reprodutivo. Analise as estruturas de duas bifenilas tricloradas escritas a seguir:



Os compostos apresentados são isômeros de

- A) cadeia.
B) função.
C) posição.
D) conformação.
E) compensação.

- 04.** (UFLA-MG) ^{KVZY}

- 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. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{Cl})\text{CH}_3$

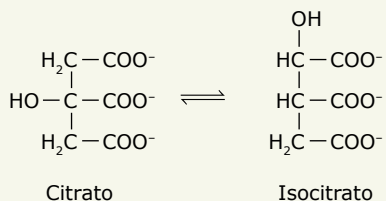
A partir da análise dos compostos anteriores, pode-se afirmar que

- 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.

- 05.** (UECE-2015) ^{EVIU} O 1,4-dimetóxi-benzeno é um sólido branco com um odor floral doce intenso. É usado principalmente em perfumes e sabonetes. O número de isômeros de posição desse composto, contando com ele, é

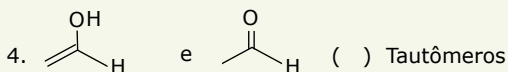
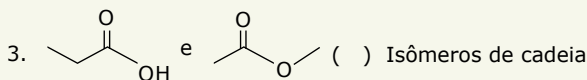
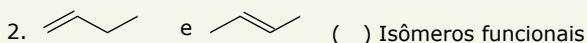
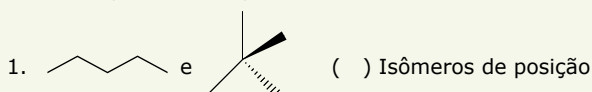
- A) 2.
B) 3.
C) 5.
D) 4.

06. (UERJ) Em uma das etapas do ciclo de Krebs, a enzima aconitase catalisa a isomerização de citrato em isocitrato de acordo com a seguinte equação química:



A isomeria plana que ocorre entre o citrato e o isocitrato é denominada de

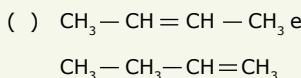
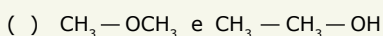
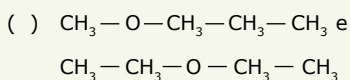
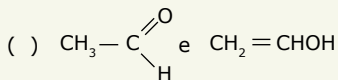
- A) cadeia. C) posição.
 B) função. D) compensação.
07. (CMMG) Numerando corretamente a coluna da direita com os pares de compostos da esquerda e lendo os numerais de cima para baixo, aparecerá



- A) 1; 3; 2; 4. C) 2; 3; 1; 4.
 B) 2; 1; 3; 4. D) 2; 3; 4; 1.

08. (Ibmec-RJ) Relacione o tipo de isomeria com as estruturas apresentadas a seguir. Depois, assinale a alternativa que corresponda à sequência correta obtida.

1. Tautomeria
 2. Isomeria de posição
 3. Metameria
 4. Isomeria funcional

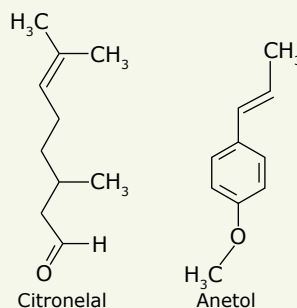
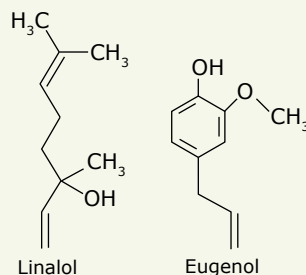


- A) 1, 3, 4, 2 C) 1, 4, 3, 2 E) 3, 4, 1, 2
 B) 1, 3, 2, 4 D) 4, 1, 3, 2

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (FUVEST-SP) 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.
 B) eugenol e linalol.
 C) citronelal e eugenol.
 D) linalol e citronelal.
 E) eugenol e anetol.

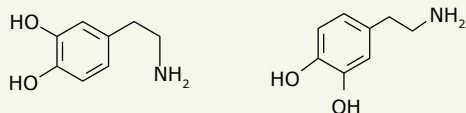
02. (Mackenzie-SP) Considere a nomenclatura IUPAC dos seguintes hidrocarbonetos.

- I. metil-ciclobutano.
 II. 3-metil-pentano.
 III. pentano.
 IV. ciclo-hexano.
 V. pent-2-eno.

A alternativa que relaciona corretamente compostos isoméricos é

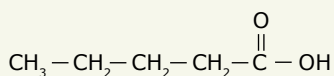
- A) I e III.
 B) III e V.
 C) I e V.
 D) II e IV.
 E) II e III.

- 03.** (Unicamp-SP-2016) Atualmente, parece que a Química vem seduzindo as pessoas e tem-se observado um número cada vez maior de pessoas portando tatuagens que remetem ao conhecimento químico. As figuras a seguir mostram duas tatuagens muito parecidas, com as correspondentes imagens tatuadas mais bem definidas a seguir.



As imagens representam duas fórmulas estruturais, que correspondem a dois

- A) compostos que são isômeros entre si.
 B) modos de representar o mesmo composto.
 C) compostos que não são isômeros.
 D) compostos que diferem nas posições das ligações duplas.
- 04.** (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.



Ácido pentanoico

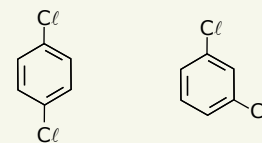
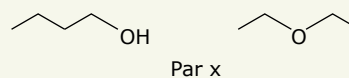
De acordo com sua fórmula estrutural, seu isômero correto é o

- A) propanoato de etila. C) 3-metil-butanal.
 B) etóxi-propano. D) pentan-2-ona.
- 05.** (UFPI) Dados os pares de compostos:
 I. metil-n-propilamina e dietilamina;
 II. 1-propanol e 2-propanol;
 III. ácido butanoico e ácido metil-propanoico;
 IV. propanoato de metila e etanoato de etila.
- Temos exemplos de metameria (ou isomeria de compensação) em
- A) apenas I, II e III. D) apenas II, III e IV.
 B) apenas I e IV. E) I, II, III e IV.
 C) apenas II e III.

- 06.** (PUC-SP) O ácido butanoico é formado a partir da ação de micro-organismos 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, etoxietano e butan-2-ol.
 C) butan-1-ol, acetato de etila e etoxietano.
 D) ácido metilpropanoico, butanona e ácido pentanoico.
 E) acetato de etila, ácido metilpropanoico e propanoato de metila.

- 07.** (UFJF-MG) A substância 2-pentanona possui isômeros de posição, de cadeia e de função. Esses isômeros podem ser, respectivamente,
- A) 3-pentanona, metil-butanona e pentanal.
 B) 3-pentanona, metil-butanona e 2-pentanol.
 C) 3-pentanona, etil-butanona e 2-pentanol.
 D) 1-pentanona, etil-butanona e pentanal.
 E) 1-pentanona, ciclopentanona e 2-pentanol.

- 08.** (UFTM-MG) Nas figuras estão representadas as estruturas de dois pares de compostos.



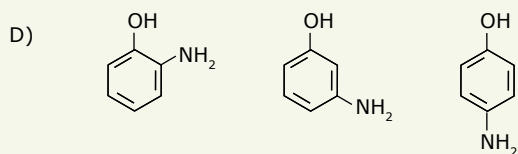
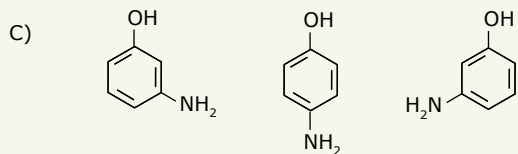
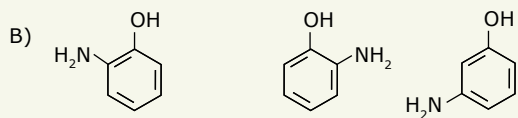
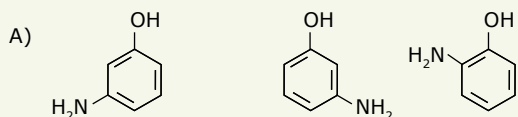
É correto afirmar que os tipos de isomeria encontrada nos pares x e y são, respectivamente,

- A) compensação e posição.
 B) função e posição.
 C) compensação e função.
 D) função e compensação.
 E) função e geométrica.
- 09.** (UEPG-PR-2015) Com respeito aos compostos aromáticos citados a seguir, 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 ()

10. (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

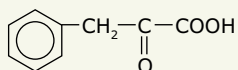
- A) 3. C) 5. E) 8.
B) 4. D) 7.

11. (UERJ) 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:



SEÇÃO ENEM

01. A fenilcetonúria é uma doença que, se não for identificada a tempo, pode causar retardamento mental. Vários testes podem ser utilizados para diagnosticar a doença. Entre eles, podemos citar o "teste do pezinho" e o teste da fralda molhada de urina. Neste último teste, adicionamos algumas gotas de solução diluída de cloreto férrico (FeCl_3) na fralda e, dependendo da coloração obtida, identifica-se a presença do ácido fenilpirúvico (ácido 2-ceto-3-fenil-propanoico), cuja fórmula estrutural é:



O ácido fenilpirúvico apresenta

- A) apenas um isômero tautômero.
B) dois isômeros que são ésteres.
C) apenas um isômero de posição.
D) apenas dois isômeros planos.
E) quatro isômeros metaméricos.

GABARITO

Meu aproveitamento 

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. B
 02. D
 03. C
 04. B
 05. B
 06. C
 07. C
 08. A

Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. D
 02. C
 03. B
 04. A
 05. B
 06. E
 07. A
 08. B
 09. Soma = 20
 10. C
 11. D

Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. A

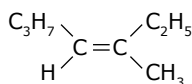


Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

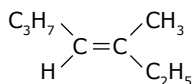
ISOMERIA GEOMÉTRICA E-Z

No caso de um composto apresentar quatro ligantes diferentes nos carbonos de rotação impedida, o isômero Z é o que contém os grupos maiores do mesmo lado e o isômero E é o que os contém em lados contrários.

Exemplo: 3-metilept-3-eno



Isômero Z



Isômero E

A forma E é mais estável do que a forma Z devido à menor repulsão dos grupos ligantes aos carbonos de rotação impedida.

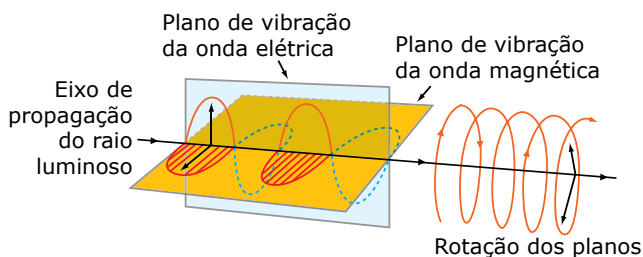
De um modo geral, os isômeros E-Z apresentam propriedades físicas diferentes e propriedades químicas diferentes ou não, dependendo da posição relativa dos grupos ligantes e do tipo de substância. Um exemplo esclarecedor é o do ácido but-2-enodioico frente a um aquecimento: o ácido maleico (cis) transforma-se facilmente no respectivo anidrido, já o ácido fumárico (trans) não sofre desidratação.

Os prefixos Z e E provêm do alemão *zusammen* (junto) e *entgegen* (oposto).

ISOMERIA ÓPTICA

É o caso de isomeria espacial, estereoisomeria, cujos isômeros ópticos ou substâncias opticamente ativas, ao serem atravessados pela luz polarizada, têm a propriedade de desviar o seu plano de vibração.

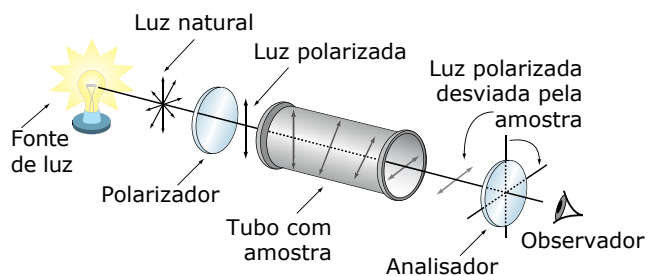
A luz natural corresponde a ondas eletromagnéticas cujas ondas elétricas vibram em um plano perpendicular ao das ondas magnéticas. À medida que a luz se desloca, esses dois planos giram em torno de seu próprio eixo de propagação.



Existem determinadas substâncias que, ao serem atravessadas, conseguem absorver todos os planos de vibração da luz natural, deixando passar apenas um. Essas substâncias são denominadas polarizadoras, e a luz que sai delas é denominada luz plano-polarizada ou, simplesmente, luz polarizada.

Na luz plano-polarizada, os planos de vibração elétrico e magnético não giram em torno do eixo de propagação.

Sabemos que um prisma de nicol (cristal de espato da Islândia, convenientemente serrado, depois colado) não deixa passar senão a luz polarizada, que vibra num único plano. Ao passar esse tipo de luz por uma substância líquida ou dissolvida, diremos que a substância é opticamente ativa se for capaz de desviar o plano de luz polarizada para a direita (dextrógira) ou para a esquerda (levógira).

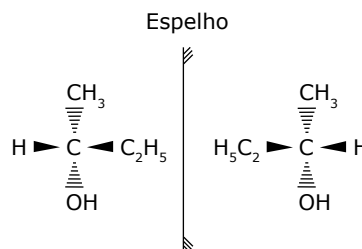


O isômero que gira o plano da luz polarizada para a direita é denominado dextrorrotatório, dextrógiro (do latim *dexter*, direita) ou, simplesmente, d. Já o isômero que gira o plano da luz polarizada para a esquerda é denominado levorrotatório, levógiro (do latim *laevus*, esquerda) ou, simplesmente, l. Os isômeros dextrógiro e levógiro apresentam o mesmo ângulo de desvio do plano da luz polarizada, porém em sentidos diferentes. Por convenção, o desvio causado por um isômero dextrógiro é positivo (+), e o causado por um isômero levógiro é negativo (-).

Os isômeros ópticos denominados enantiômeros, enantiômeros ou antípodas ópticas possuem a mesma composição, mas a distribuição espacial de seus átomos é diferente. Esses isômeros são imagens especulares assimétricas e, portanto, não podem ser superpostas entre si.

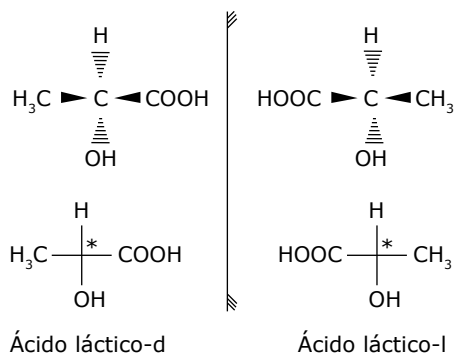
Exemplo 1:

Álcool butan-2-ol



Exemplo 2:

Ácido láctico



Ácido láctico-d

Ácido láctico-l

As espécies químicas que não são sobreponíveis com suas imagens espaciais são denominadas espécies quirais.

É condição indispensável, para a existência de isomeria óptica, que o arranjo atômico apresente assimetria. Arranjos atômicos assimétricos não podem ser torcidos, girados ou virados de tal forma a transformar um isômero d em um isômero l.

**Isomeria óptica**

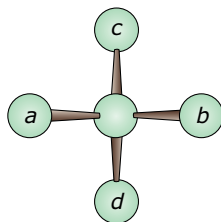
Assista ao vídeo "Isomeria óptica". Com ele você será capaz de compreender o que são isômeros ópticos e qual a sua importância na Química Orgânica. Aproveite para aprender mais sobre o conteúdo e sobre a relevância dos compostos isômeros no cotidiano. Bons estudos!

QCAV

Representação de Fischer

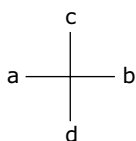
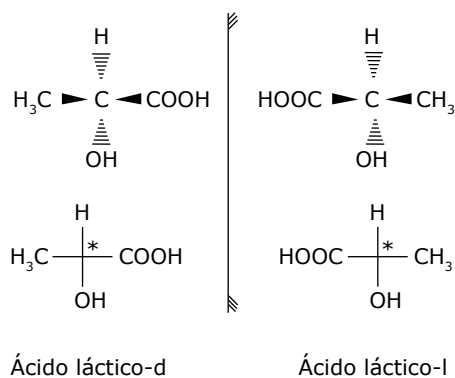
Os carbonos assimétricos são tetraédricos. A representação desses tetraedros em duas dimensões é difícil. Para facilitar essa representação, Fischer desenvolveu uma projeção bastante simples para quaisquer carbonos tetraédricos.

Podemos imaginar um tetraedro em perspectiva como a união de duas letras V, que estão perpendiculares entre si, em um único ponto, o carbono central.



Fórmula estrutural em perspectiva.

Fischer convencionou que o carbono central está no plano desta página e que os grupos c e d, que estão abaixo do plano desta página, serão representados por uma linha vertical; e que os grupos b e a, que estão voltados para a parte de cima do plano desta página, serão representados por uma linha horizontal.

**Projeção de Fischer**

Ácido láctico-d

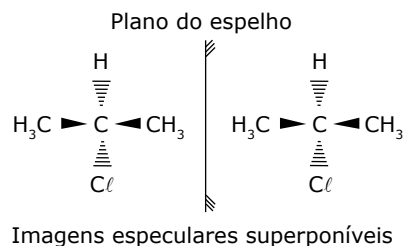
Ácido láctico-l

Isomeria óptica em compostos que apresentam um carbono assimétrico

Substâncias que apresentam carbonos assimétricos, carbonos ligados a quatro grupamentos diferentes entre si, são arranjos atômicos assimétricos e apresentam isomeria óptica. Os carbonos assimétricos são também denominados estereocentros e são, geralmente, representados por um asterisco (C*).

Como já descrevemos anteriormente, a atividade óptica ocorre devido à assimetria das espécies químicas. Para entendermos melhor, vamos definir objetos simétricos e assimétricos.

Um objeto é simétrico quando apresenta, pelo menos, um plano de simetria, ou seja, pode ser dividido em duas partes equivalentes. Qualquer objeto simétrico produz, em um espelho plano, uma imagem especular que é igual ao objeto. Assim, objeto e imagem são sobreponíveis e não são espécies quirais.

Exemplo:

Imagens espaciais superponíveis

Um objeto é assimétrico quando não apresenta plano de simetria, ou seja, não pode ser dividido em duas partes equivalentes. Qualquer objeto assimétrico produz, em um espelho plano, uma imagem especular que é diferente do objeto. Assim, objeto e imagem não são sobreponíveis e são espécies quirais.

Então, o ácido láctico é uma espécie química assimétrica, e, na verdade, a fórmula $\text{CH}_3\text{—CH(OH)—COOH}$ representará duas substâncias diferentes, uma dextrógira e outra levógira.

Mistura racêmica ou racemato

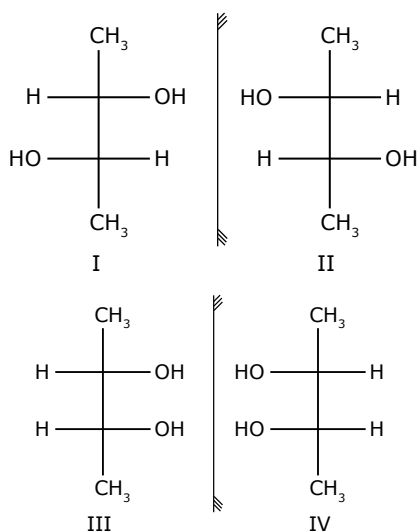
Em uma síntese que origina enantiômeros, realizada em laboratório, em ambiente não quiral, os isômeros *d* e *l* serão originados na mesma proporção. Essa mistura é denominada mistura racêmica ou racemato.

A mistura racêmica não apresenta atividade óptica, pois o desvio provocado por uma espécie química dextrógira é cancelado por uma espécie química levógira. Tal inatividade é denominada inatividade por compensação externa (um desvio causado por uma espécie química é "compensado" externamente por um desvio em sentido contrário, causado por uma espécie química que é seu enantiômero).

Isomeria óptica em compostos que apresentam mais de um carbono assimétrico

Consideramos até aqui somente moléculas contendo apenas um centro de quiralidade. Para moléculas que apresentam dois ou mais carbonos assimétricos, podemos determinar o número máximo de estereoisômeros fazendo 2^n , em que n é igual ao número de centros de quiralidade. As estruturas idênticas, que são sobreponíveis, anulam algumas possibilidades de estereoisomerismo. Nossa tarefa é escrever estruturas em projeção de Fischer e verificar se essas estruturas serão sobreponíveis.

Exemplos:

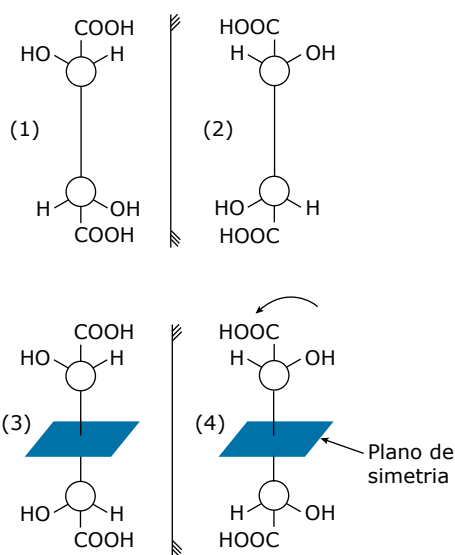
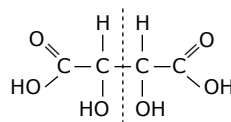


Gire as estruturas desenhadas no papel em um ângulo de 180° (sentido horário e anti-horário). Se as imagens forem coincidentes, quer dizer que as estruturas apresentam a mesma configuração espacial. Como as estruturas I e II não são sobreponíveis, elas representam um par de enantiômeros. As estruturas III e IV são idênticas, pois são sobreponíveis. Comparando os pares I e II ou II e III, é possível notar que elas não são imagens especulares entre si, sendo denominadas diastereoisômeros. A estrutura II é chamada mesocomposto.

Quando os isômeros ópticos não correspondem a uma imagem especular entre si, são chamados de **diastereoisômeros**. É o caso de isômeros com mais de um carbono assimétrico diferente.

Também podemos encontrar inatividade óptica, mas por compensação interna, nos compostos com dois carbonos assimétricos iguais, caso dos **mesômeros**, cujo exemplo mais tradicional é o do ácido 2,3-di-hidroxiutanodioico (ácido tartárico), estudado por Pasteur.

Ácido tartárico



As formas 1 e 2 não são superponíveis, constituindo um par de antípodas ópticas. A mistura equimolar dessas duas formas é racêmica (*d-l*).

A forma 3 "construída" pela união da parte superior da forma 1 com a inferior da forma 2 é opticamente inativa, uma vez que apresenta plano de simetria. Com isso, a imagem especular de 3 é ela mesma. A flecha acima da fórmula mostra que, trazendo o grupo COOH superior da forma 4 para baixo, é possível superpor as duas fórmulas.

Dizemos que a forma 3 ou 4 é inativa por compensação interna (na verdade, é a mesma substância). Ela é chamada de ácido mesotartárico.

Isomeria óptica em compostos que apresentam plano de simetria interno

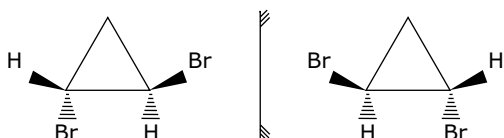
Atividade óptica associada ao carbono assimétrico, ou quiral, é uma generalização que não se verifica em algumas poucas substâncias ativas sem carbono assimétrico, por exemplo, os cristais de quartzo (SiO_2), o clorato de sódio (NaClO_3) e a inosita (ciclo-hexanoexol).

Principais casos de isomeria óptica em compostos orgânicos sem carbono assimétrico:

- 1º) Existem casos de isomeria óptica em compostos cíclicos cuja fórmula espacial é assimétrica.

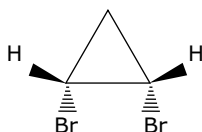
Exemplo:

trans-1,2-dibromociclopropano.



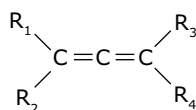
Quando um composto de cadeia carbônica cíclica apresenta isomeria cis-trans, a molécula do isômero trans é assimétrica, isto é, não apresenta plano de simetria. Portanto, possui atividade óptica, apresentando dois isômeros, o dextrógiro, o levógiro e também uma mistura racêmica.

O isômero cis apresenta plano de simetria; portanto, é opticamente inativo.

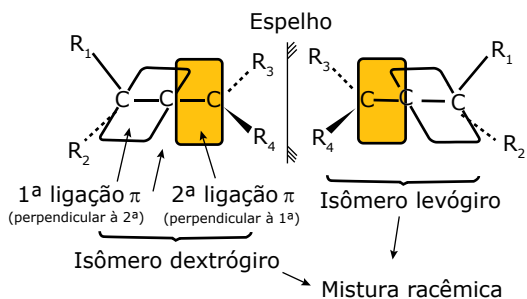


cis-1,2-dibromociclopropano

- 2º) Os compostos alênicos (derivados do propadieno) que são assimétricos apresentarão atividade óptica:



Em que $R_1 \neq R_2$ e $R_3 \neq R_4$.



Propriedades dos isômeros ópticos

A propriedade física que distingue os enantiômeros é o desvio do plano da luz polarizada. As propriedades físicas densidade, temperatura de fusão, temperatura de ebulição e solubilidade dos enantiômeros são iguais.

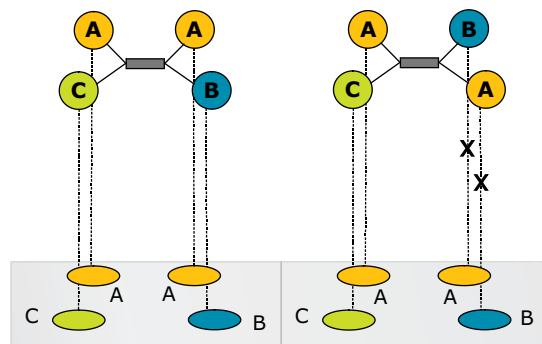
Observe alguns valores de algumas propriedades físicas dos ácidos tartáricos.

Ácidos	T.F. / °C	Densidade / g.cm ⁻³	Poder rotatório específico (α)
d-tartárico	170	1,76	+12°
l-tartárico	170	1,76	-12°
d-l-tartárico (racêmico)	206	1,69	0
mesotartárico	140	1,67	0

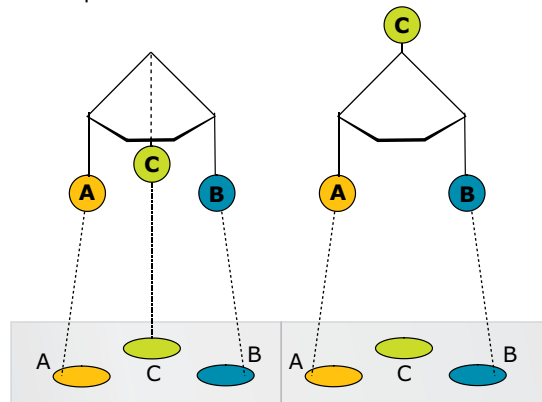
As propriedades químicas dos isômeros ópticos são idênticas quando eles reagem com reagentes não quirais. Apenas em um ambiente quiral, eles apresentam comportamentos químicos diferentes. Por exemplo, na presença de uma enzima quiral, a reação de um isômero óptico pode ser catalisada, enquanto a reação de seu enantiômero pode não ocorrer. Dessa forma, os efeitos fisiológicos dos isômeros podem ser específicos. Nos seres vivos, as reações são enantiosseletivas, devido à ação de enzimas.

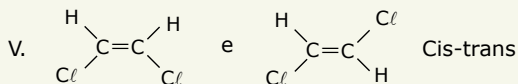
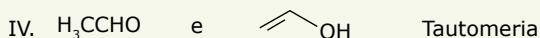
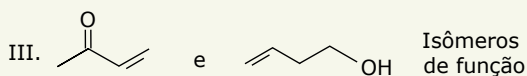
Os estereoisômeros podem apresentar atividades biológicas diferentes: um deles pode ser muito ativo e o outro inativo ou fracamente ativo. As ilustrações a seguir mostram como a orientação espacial de uma molécula é importante na interação com o seu receptor biológico.

No exemplo a seguir, somente o primeiro enantiômero possui a configuração correta para o receptor: quando os grupos A estão em trans, a molécula não se "encaixa" no sítio receptor.



Neste outro exemplo, o grupo C do segundo enantiômero está em uma posição desfavorável em relação à interação com o receptor.





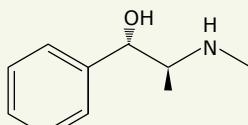
Assinale a alternativa que apresenta o número correto de classificações.

- A) 2
- B) 3
- C) 4
- D) 5

07. (UFRGS-RS-2015) Na série *Breaking Bad*, o personagem Professor Walter White começou a produzir metanfetamina a partir da extração de pseudoefedrina de remédios contra resfriados.

X96L

A estrutura da (1S, 2S) pseudoefedrina é mostrada a seguir.



(1S, 2S) - Pseudoefedrina

O número possível de isômeros espaciais opticamente ativos para a pseudoefedrina é:

- A) 0
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 6

08. (IME-RJ) Dentre as opções a seguir, indique a única que não representa estereoisomeria.

I5JB

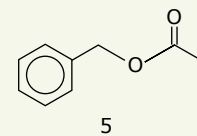
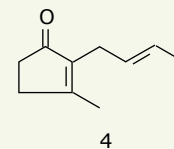
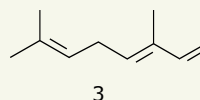
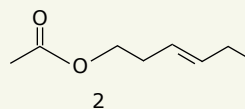
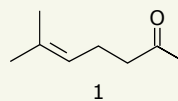
- A) 3-metil-2-hexeno
- B) 2-penteno
- C) Ácido butenodioico
- D) Propenal
- E) 2-buteno

EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (Fepecs-DF) O óleo de jasmim, muito útil em perfumaria, pode ser extraído das pétalas das flores com o uso de gordura de porco desodorizada. Algumas moléculas identificadas no extrato desse óleo podem ser representadas pelas seguintes fórmulas:

9B20

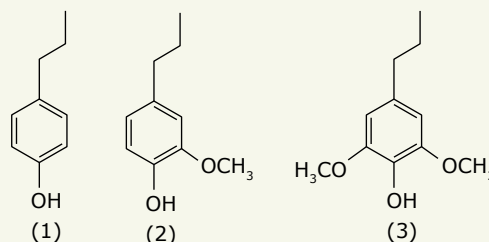


Dentre as moléculas apresentadas, as que possuem isômeros geométricos são

- A) 1, 2, 3, 4 e 5.
- B) 1, 2 e 3, apenas.
- C) 2, 3 e 4, apenas.
- D) 4 e 5, apenas.
- E) 1 e 5, apenas.

Instrução: Leia o texto a seguir para responder à questão **02**.

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 a seguir), 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.



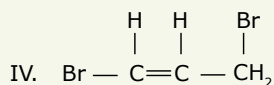
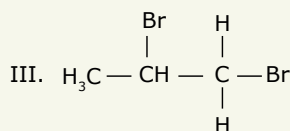
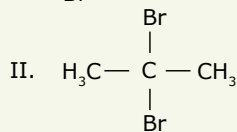
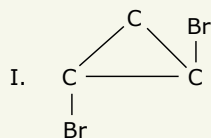
02. (UEPA-2015) Sobre os compostos fenilpropanoides, analise as afirmativas a seguir.

- 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
- B) I e III
- C) II e IV
- D) II e V
- E) III e V

03. (UECE-2015) No olho humano, especificamente na retina, o *cis*-11-retinal se transforma no *trans*-11-retinal pela ação da luz e, assim, produz impulso elétrico para formar a imagem; por isso, o ser humano precisa de luz para enxergar. Esses dois compostos são isômeros. Observe as 4 moléculas a seguir:

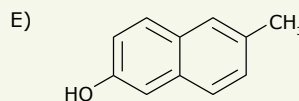
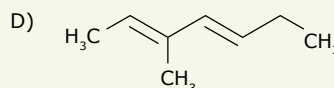
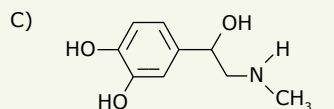
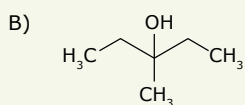
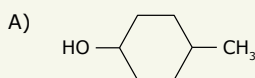


No que diz respeito às moléculas apresentadas, assinale a afirmação verdadeira.

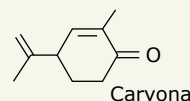
- A) As moléculas I e II são isômeros de cadeia e I e IV são isômeros de posição.
- B) As moléculas II e III são isômeros de posição e a molécula I pode apresentar isomeria geométrica trans e isomeria óptica.
- C) As moléculas I e III são tautômeros, e a molécula IV pode apresentar isomeria geométrica cis e isomeria óptica.
- D) As moléculas I e IV não são isômeros.

04. (Mackenzie-SP-2016) O fenômeno da isomeria óptica ocorre em moléculas assimétricas, que possuem no mínimo um átomo de carbono quiral. Os enantiômeros possuem as mesmas propriedades físico-químicas, exceto a capacidade de desviar o plano de uma luz polarizada; por isso, esses isômeros são denominados isômeros ópticos.

De acordo com essas informações, o composto orgânico a seguir que apresenta isomeria óptica está representado em:



05. (UPF-RS-2016) A carvona é uma substância que pode ser encontrada no óleo essencial extraído da *Mentha viridis* (l).



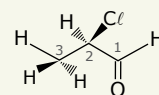
Sobre a carvona, é correto afirmar:

- A) Apresenta todas as duplas conjugadas entre si.
 - B) Apresenta duas duplas com isomeria geométrica (cis-trans).
 - C) Apresenta a fórmula molecular C₁₀H₁₃O.
 - D) Apresenta quatro carbonos com hibridização sp².
 - E) Apresenta um carbono assimétrico em sua estrutura.
- 06.** (UEG-GO) Considere o alceno de menor massa molecular e que apresenta isomeria geométrica e, em seguida, represente as estruturas dos isômeros
- A) cis e trans desse alceno;
 - B) constitucionais possíveis para esse alceno.

07. (UEL-PR) Escreva a fórmula estrutural de um composto insaturado C₅H₉Br, que mostra:

- A) Isomerismo cis-trans e que não possua atividade óptica.
- B) Nenhum isomerismo cis-trans, mas com atividade óptica.

08. (UFT-TO) Os compostos orgânicos representam cerca de 90% de todos os compostos atualmente conhecidos. A composição funcional e o arranjo estrutural desses compostos são determinantes das suas propriedades físico-químicas. As informações de I a VI são proposições para a molécula a seguir:

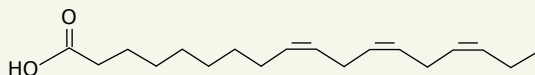


- I. É uma molécula apolar devido à presença de hidrogênio ionizável.

- II. É uma molécula onde o carbono 1 constitui uma carbonila cetônica.
 - III. É uma molécula onde o carbono 2 é quiral.
 - IV. É uma molécula onde todos os carbonos possuem uma mesma hibridização.
 - V. É uma molécula que não apresenta isomeria geométrica (cis-trans).
 - VI. É uma molécula que pode realizar interações intermoleculares tipo dipolo-dipolo.
- É correto o que se afirma na alternativa

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

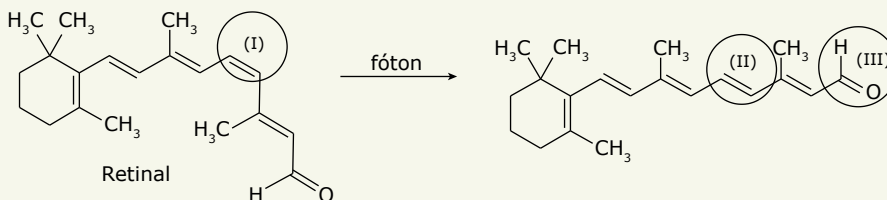
09. (FGV-SP) Alguns ácidos graxos são essenciais ao homem, isto é, o ser humano não consegue sintetizá-los, necessitando adquiri-los por meio da alimentação. O ácido alfa-linolênico (Ômega 3) é um ácido essencial, cuja fórmula estrutural está representada na figura.



Indique a alternativa que apresenta o nome correto para o ácido alfa-linolênico.

- A) Ácido *trans,trans,trans*-3, 6, 9-tetradecatrienoico.
- B) Ácido *cis,cis,cis*-9, 12, 15-octadecatrienoico.
- C) Ácido *trans,trans,trans*-9, 12, 15-octadecatrienoico.
- D) Ácido *cis,cis,cis*-3, 6, 9-octadecatrienoico.
- E) Ácido *trans,trans,trans*-3, 6, 9-octadecatrienoico.

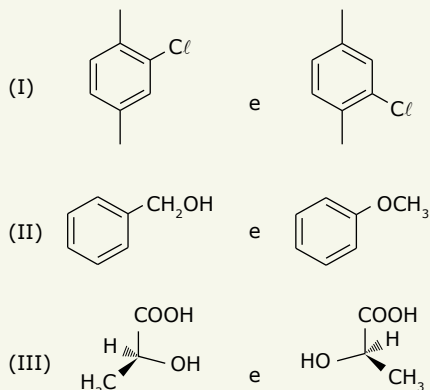
10. (Feevale-RS-2016) O Retinal, molécula apresentada a seguir, associado à enzima rodopsina, é o responsável pela química da visão. Quando o Retinal absorve luz (fótons), ocorre uma mudança na sua geometria, e essa alteração inicia uma série de reações químicas, provocando um impulso nervoso que é enviado 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

11. (IFCE) Analise os conjuntos de compostos I, II e III.

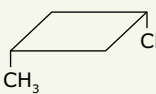


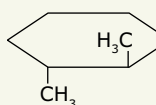
A alternativa correta quanto à função orgânica e à relação de isomeria entre eles é a

- A) o conjunto (II) é formado por um álcool aromático e um álcool primário, sendo ambos isômeros de função.
- B) o conjunto (I) é formado por um álcool aromático e um álcool primário, sendo ambos isômeros ópticos.
- C) o conjunto (II) é formado por um álcool aromático e um éter aromático, sendo ambos isômeros de cadeia.
- D) o conjunto (III) é formado por dois ácidos carboxílicos, sendo ambos isômeros de compensação.
- E) o conjunto (II) é formado por um álcool aromático e um éter aromático, sendo ambos isômeros de função.

12. Julgue os itens seguintes.

- () O monômero da borracha natural ou caucho é o isopreno ou 2-metil-1,3-butadieno. Esse composto possui dois isômeros geométricos.
- () A existência de isômeros geométricos cíclicos é permitida pelo fato de não haver liberdade de rotação em torno da ligação C—C.
- () Os compostos 1,2-dicloroeteno e 1,2-dicloroetano apresentam isomeria cis-trans.
- () O menor alceno que realiza isomeria geométrica é o 2-buteno.
- () Os isômeros cis e trans possuem propriedades físicas diferentes, sendo o isômero cis o mais estável.

() O composto  apresenta isomeria geométrica, sendo este o isômero cis.

() O composto  apresenta isomeria geométrica, sendo este o isômero trans.

13. (UEM-PR-2015) Observe a lista de moléculas orgânicas a seguir e assinale a(s) alternativa(s) correta(s) a respeito da isomeria.

AYQG

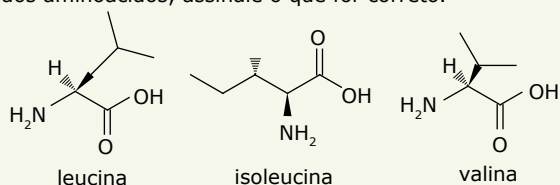
butan-1-ol, isopropanol, éter dietílico, propanona, *n*-propanol, ciclopropano, propanal, propeno, metoxipropano, 1,2-dicloroeteno.

01. O propanol e o propanal são isômeros de cadeia.
02. Há pelo menos 2 pares de moléculas que podem ser classificados como isômeros funcionais.
04. Somente uma molécula pode apresentar isomeria geométrica.
08. As moléculas butan-1-ol, éter dietílico e metoxipropano podem ser classificadas, duas a duas, como isômeros de função duas vezes, e como metâmeros uma vez.
16. Nenhuma das moléculas apresenta isomeria óptica.

Soma ()

14. (UEM-PR-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.

LHGV

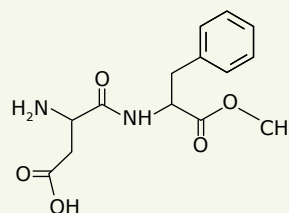


01. A carbonila é um grupo funcional presente nas estruturas dos aminoácidos.
02. A leucina possui um substituinte isobutil e a valina um substituinte isopropil.
04. Cada um dos aminoácidos citados possui em sua estrutura um centro quiral.
08. A molécula da isoleucina pode existir sob a forma de dois isômeros ópticos.
16. A leucina e a isoleucina são isômeros constitucionais de posição.

Soma ()

15.
R1GE

(UERJ) O aspartame, utilizado como adoçante, corresponde a apenas um dos estereoisômeros da molécula cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir.



Admita que, em um processo industrial, tenha-se obtido a mistura, em partes iguais, de todos os estereoisômeros dessa molécula.

Nessa mistura, o percentual de aspartame equivale a:

- A) 20% C) 33%
B) 25% D) 50%

16. (ITA-SP) São feitas as afirmações a seguir em relação a dois antípodas ópticos tais como o ácido *d*-tartárico e o ácido *l*-tartárico:

- I. Eles necessariamente têm a mesma temperatura de fusão.
- II. Eles necessariamente têm a mesma solubilidade em água.
- III. Eles necessariamente terão solubilidade distinta no dextro-1-metilpropanol.
- IV. Eles necessariamente terão efeitos fisiológicos diferentes.
- V. Eles necessariamente terão poder rotatório de sinal oposto, mas de valor absoluto igual.

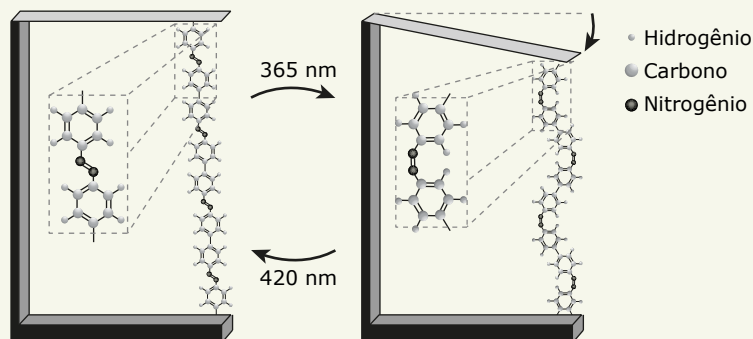
Dessas afirmações, estão corretas

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

SEÇÃO ENEM



01. (Enem-2018) Pesquisas demonstram que nanodispositivos baseados em movimentos de dimensões atômicas, induzidos por luz, poderão ter aplicações em tecnologias futuras, substituindo micromotores, sem a necessidade de componentes mecânicos. Exemplo de movimento molecular induzido pela luz pode ser observado pela flexão de uma lâmina delgada de silício, ligado a um polímero de azobenzeno e a um material suporte, em dois comprimentos de onda, conforme ilustrado na figura. Com a aplicação de luz ocorrem reações reversíveis da cadeia do polímero, que promovem o movimento observado.

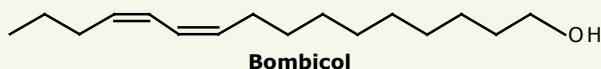


TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, maio 2005 (Adaptação).

O fenômeno de movimento molecular, promovido pela incidência de luz, decorre do(a)

- A) movimento vibracional dos átomos, que leva ao encurtamento e à relaxação das ligações.
 B) isomerização das ligações N=N, sendo a forma cis do polímero mais compacta que a trans.
 C) tautomerização das unidades monoméricas do polímero, que leva a um composto mais compacto.
 D) ressonância entre os elétrons π do grupo azo e os do anel aromático que encurta as ligações duplas.
 E) variação conformacional das ligações N=N, que resulta em estruturas com diferentes áreas de superfície.

02. (Enem-2016) Os feromônios são substâncias utilizadas na comunicação entre indivíduos de uma espécie. O primeiro feromônio isolado de um inseto foi o bombycol, substância produzida pela mariposa do bicho-da-seda.



O uso de feromônios em ações de controle de insetos-praga está de acordo com o modelo preconizado para a agricultura do futuro. São agentes altamente específicos e seus compostos químicos podem ser empregados em determinados cultivos, conforme ilustrado no quadro a seguir.

Substância	Inseto	Cultivo
	<i>Sitophilus spp</i>	Milho
	<i>Migdolus fryanus</i>	Cana-de-açúcar
	<i>Anthonomus rubi</i>	Morango
	<i>Grapholita molesta</i>	Frutas
	<i>Scrobipalpuloides absoluta</i>	Tomate

FERREIRA, J. T. B.; ZARBIN, P. H. G. Amor ao primeiro odor: a comunicação química entre os insetos. *Química Nova Escola*, n. 7, maio 1998 (Adaptação).

Considerando essas estruturas químicas, o tipo de estereoisomeria apresentada pelo bombicol é também apresentada pelo feromônio utilizado no controle do inseto

- A) *Sitophilus spp.*
 B) *Migdolus fryanus.*
 C) *Anthonomus rubi.*
 D) *Grapholita molesta.*
 E) *Scrobipalpuloides absoluta.*

03. (Enem) O estudo de compostos orgânicos permite aos analistas definir propriedades físicas e químicas responsáveis pelas características de cada substância descoberta. Um laboratório investiga moléculas quirais cuja cadeia carbônica seja insaturada, heterogênea e ramificada.

A fórmula que se enquadra nas características da molécula investigada é

- A) $\text{CH}_3-(\text{CH})_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_3.$
 B) $\text{CH}_3-(\text{CH})_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_3.$
 C) $\text{CH}_3-(\text{CH})_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{NH}_2.$
 D) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_3.$
 E) $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_3.$

04. (Enem) A talidomida é um sedativo leve e foi muito utilizado no tratamento de náuseas, comuns no início da gravidez. Quando foi lançada, era considerada segura para o uso de grávidas, sendo administrada como uma mistura racêmica composta pelos seus dois enantiômeros (R e S). Entretanto, não se sabia, na época, que o enantiômero S leva à malformação congênita, afetando principalmente o desenvolvimento normal dos braços e pernas do bebê.

COELHO, F. A. S. Fármacos e quiralidade. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 3, maio 2001 (Adaptação).

Essa malformação congênita ocorre porque esses enantiômeros

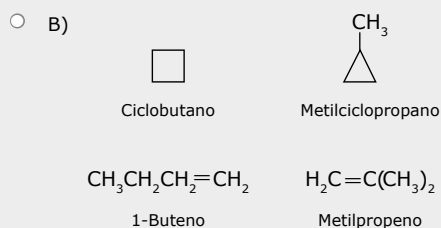
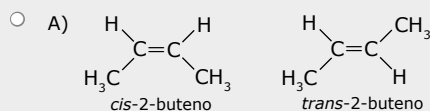
- A) reagem entre si.
 B) não podem ser separados.
 C) não estão presentes em partes iguais.
 D) interagem de maneira distinta com o organismo.
 E) são estruturas com diferentes grupos funcionais.

06. C
 07. D
 08. D

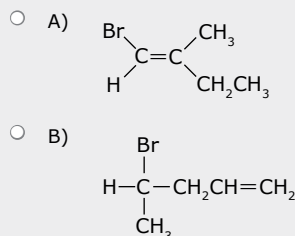
Propostos

Acertei _____ Errei _____

01. C
 02. E
 03. B
 04. C
 05. E
 06.



07.



08. B
 09. B
 10. A
 11. E
 12. F V F V F V V
 13. Soma = 30
 14. Soma = 18
 15. B
 16. E


Seção Enem

Acertei _____ Errei _____

01. B
 02. E
 03. B
 04. D

 Total dos meus acertos: _____ de _____ . _____ %

GABARITO

Meu aproveitamento 

Aprendizagem

Acertei _____ Errei _____

01. A
 02. D
 03. A
 04. C
 05. D