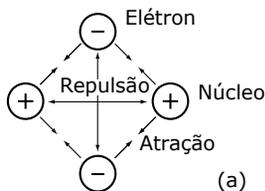


## Ligações Covalentes I

### 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.



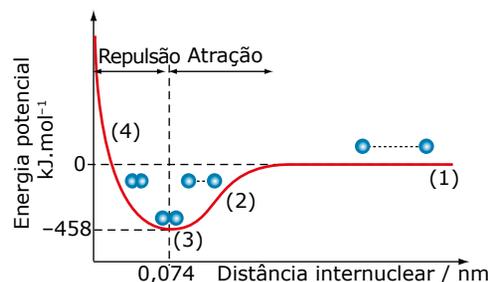
(a) Atrações e repulsões entre elétrons e núcleos na molécula de hidrogênio. (b) Distribuição eletrônica na molécula de  $H_2$ . A concentração de densidade eletrônica entre os núcleos leva a uma força de atração líquida que constitui a ligação covalente, que mantém a molécula unida.

### 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.

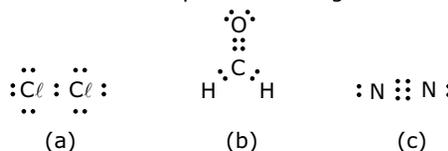
(4) Os átomos estão se aproximando muito e as forças de repulsão passam a ficar mais intensas que as de atração. Assim, a aproximação agora só ocorre se os átomos tiverem energia suficiente para vencer a repulsão. A tendência de dois átomos que estão muito próximos é de se afastarem um pouco para aumentar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

### CLASSIFICAÇÕES DAS LIGAÇÕES COVALENTE



#### Quanto à ordem

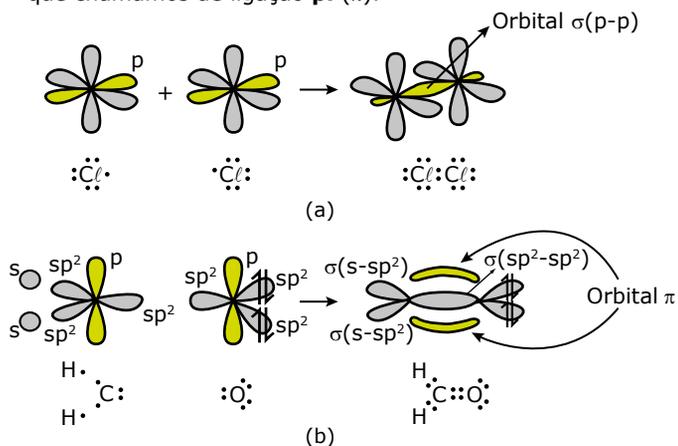
As ligações covalentes podem ser **simples** (ordem 1) quando um par de elétrons é compartilhado por dois átomos; **dupla** (ordem 2) quando dois pares de elétrons são compartilhados; ou ainda **tripla** (ordem 3) quando o número de pares de elétrons compartilhados é igual a três.



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** ( $\sigma$ ) 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** ( $\pi$ ).

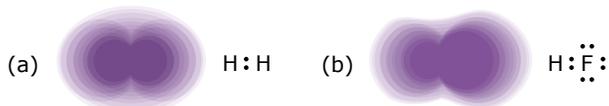


Formação das moléculas de cloro e metanal, mostrando a interpenetração de orbitais. Os modelos mostram apenas alguns orbitais de cada um dos átomos. (a) Na molécula de cloro, temos a formação de uma ligação  $\sigma$  pela fusão de dois orbitais atômicos do tipo p. (b) Na molécula de metanal, há três ligações  $\sigma$ : 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  $\pi$  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.

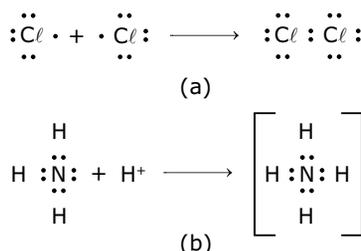
Quando dois átomos que se ligam possuem a mesma eletronegatividade, dizemos que se trata de **ligação covalente apolar**. Nesse caso, os dois átomos atraem o par eletrônico com a mesma intensidade. No caso de existir diferença de eletronegatividade entre os átomos, forma-se a **ligação covalente polar**. 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 <sup>-1</sup> )	 Decresce a intensidade das forças atrativas
HCl (431 kJ.mol <sup>-1</sup> )	
HBr (366 kJ.mol <sup>-1</sup> )	
HI (298 kJ.mol <sup>-1</sup> )	

## 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 <sup>-1</sup> )	 Cresce a intensidade das forças atrativas
C=C (613 kJ.mol <sup>-1</sup> )	
C≡C (845 kJ.mol <sup>-1</sup> )	



### 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 ( $\sigma$ ) e pi ( $\pi$ ). 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:

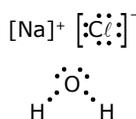
HCl  $\Rightarrow$  2 elementos: hidrogênio e cloro, com um átomo de cada.

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>  $\Rightarrow$  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.

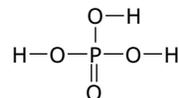
#### Exemplos:



## 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:



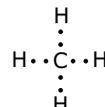
Agora, conseguiremos montar as fórmulas eletrônicas e estruturais a partir das fórmulas moleculares. Para isso, teremos de seguir algumas regras:

### 1ª Regra

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

#### Exemplos:

CH<sub>4</sub>:



NH<sub>3</sub>:



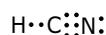
### 2ª Regra

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

N<sub>2</sub>H<sub>2</sub>



### 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:

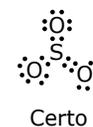
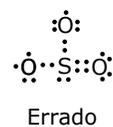
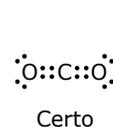
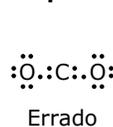


O enxofre já está estável e possui 2 pares de elétrons disponíveis para realizar ligações coordenadas.

### 4ª Regra

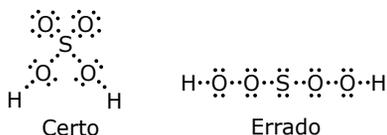
Quando começamos a ligar um determinado átomo a outro, só poderemos ligá-lo a um terceiro átomo após o primeiro se tornar estável.

#### Exemplos:

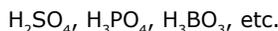


## 5ª Regra

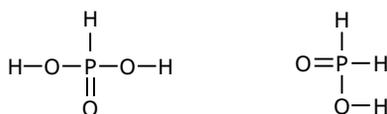
Em oxiações, normalmente, o hidrogênio encontra-se ligado ao oxigênio.



## Exemplos:



**CUIDADO!**  $\text{H}_3\text{PO}_3$  e  $\text{H}_3\text{PO}_2$  só possuem 2 H e 1 H ligados ao oxigênio, respectivamente. Os demais hidrogênios estão ligados diretamente ao fósforo.



## OBSERVAÇÃO

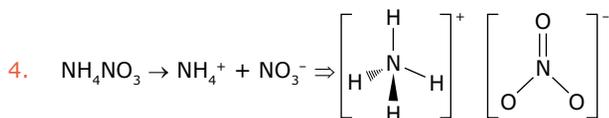
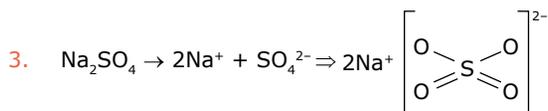
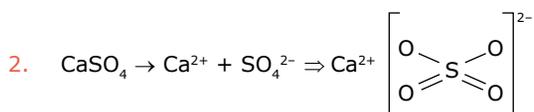
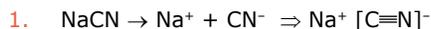
Os hidrogênios que se ligam ao oxigênio são facilmente liberados quando tais substâncias são colocadas em meio aquoso. Dessa forma, são denominados hidrogênios ionizáveis e representados por  $\text{H}^+$ .

Para facilitar a confecção das fórmulas estruturais dos oxiações, 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.

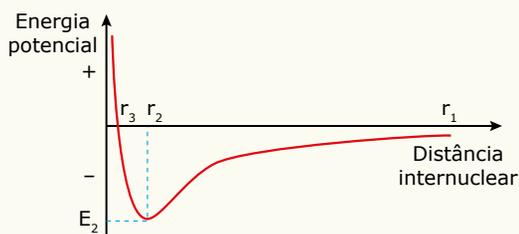
## Exemplos:



## 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  $\text{H}_2$ .



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. (PUC Minas-2019) As ligações químicas são divididas em três tipos: ligações iônicas, ligações covalentes e ligações metálicas. Sobre elas, pode-se fazer as seguintes afirmativas:
- I. Na ligação covalente, os elétrons são compartilhados entre os átomos envolvidos na ligação química.  
 II. A ligação metálica é definida como o resultado da ligação química entre os metais de transição e os metais alcalinos.  
 III. As ligações iônicas são formadas por cátions (espécie receptora de elétrons) e ânions (espécie doadora de elétrons).

A afirmativa está correta em

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

03.  
ZZGJ



- (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)  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{O}_2$                               D)  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$   
 B)  $\text{H}_2\text{O}_2$  e  $\text{HCl}$                          E)  $\text{AlCl}_3$  e  $\text{KCl}$   
 C)  $\text{Cl}_2$  e  $\text{NH}_3$

04.  
N3FN

(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.

05. (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 ( )

06. (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.

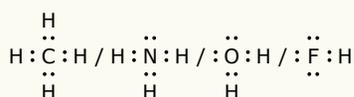
**Dado:** Número atômico P = 15, H = 1.

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  $P \equiv H$ .

07.  
E9Y0

(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

08.  
KJ1F

(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.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. (UEFS-BA-2018) Um exemplo de composto iônico no qual o cátion apresenta átomos unidos por ligação covalente é o representado pela fórmula:

- A)  $PBr_3$
- B) KI
- C)  $NaHCO_3$
- D)  $NH_4Cl$
- E)  $CO(NH_2)_2$

02. (UEL-PR-2019) A ONU (Organização das Nações Unidas) proclamou 2019 como o ano internacional da Tabela Periódica dos Elementos Químicos. A homenagem simboliza parte do que essa incrível ferramenta representa para a ciência, na qual uma rápida consulta permite a obtenção de uma grande quantidade de informações.

Consulte a classificação periódica dos elementos químicos para identificar a natureza das substâncias mais simples formadas entre os elementos de cada um dos pares a seguir:

- Mg (magnésio) e Cl (cloro)
- F (flúor) e P (fósforo)

Com base nessa identificação, responda aos itens a seguir:

- A) Represente as fórmulas mínimas (ou moleculares) e as fórmulas eletrônicas (ou de Lewis) para essas substâncias.
- B) Explique por que apenas uma delas é condutora de eletricidade quando dissolvida em água.

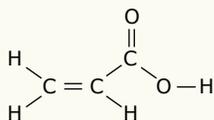
03. (FUVEST-SP) Considere as substâncias

- I. argônio;
- II. diamante;
- III. cloreto de sódio;
- IV. água.

Dentre elas, apresentam ligações covalentes apenas

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

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



Na estrutura representada, tem-se

- A) 2 ligações  $\sigma$  e 6 ligações  $\pi$ .  
 B) 2 ligações  $\sigma$  e 8 ligações  $\pi$ .  
 C) 4 ligações  $\sigma$  e 4 ligações  $\pi$ .  
 D) 6 ligações  $\sigma$  e 2 ligações  $\pi$ .  
 E) 8 ligações  $\sigma$  e 2 ligações  $\pi$ .
05. (UEA-AM) Um composto iônico que apresenta ligação covalente em seu ânion é o
- A) nitreto de sódio,  $\text{Na}_3\text{N}$ .  
 B) hidróxido de cálcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .  
 C) óxido de cobre (II),  $\text{CuO}$ .  
 D) cloreto de amônio,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .  
 E) hidreto de lítio,  $\text{LiH}$ .

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)  $\text{ICl}$   
 B)  $\text{CO}_2$   
 C)  $\text{NO}$   
 D)  $\text{O}_2$   
 E)  $\text{N}_2$

07. (PUC-Campinas-SP)

### Medusas

Pessoas acidentalmente atingidas por espécies venenosas de medusas, como as vespas-do-mar, apresentam ferimentos iguais aos provocados por açoites, 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  $\text{H}^+$ . 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.  
ZN43



- (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.

Sobre as ligações químicas, assinale o que for correto.

01. Em uma molécula de  $\text{HCl}$ , 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 ( $\sigma$ ) somente ocorrem entre orbitais do tipo p de um átomo e do tipo s de outro átomo.

Soma ( )

09.  
0FAM



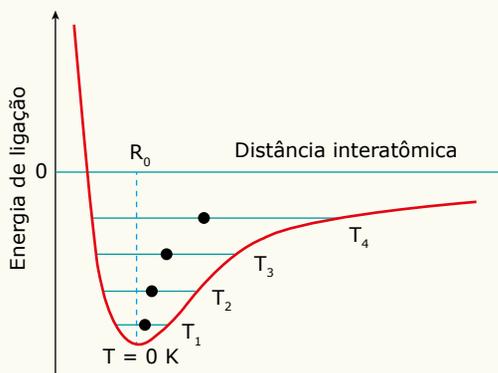
- (UFC-CE) Considere os seguintes compostos formados por nitrogênio e oxigênio:  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}_5$ .

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  $\text{N}-\text{N}$  na molécula de  $\text{N}_2\text{O}_4$  tem caráter de dupla-ligação.  
 D) na molécula de  $\text{N}_2\text{O}_5$  existe a presença de uma ligação simples  $\text{N}-\text{N}$ .  
 E) a estrutura mais estável para a molécula de  $\text{N}_2\text{O}$  apresenta uma ligação  $\text{N}=\text{N}$ .



**02.** (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.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. D
- 03. D
- 04. B
- 05. Soma = 10
- 06. E

07.

- A)  $\text{H} \begin{array}{c} \text{:P:} \\ \text{H} \end{array} \text{H}$
- B)  $\begin{array}{c} \text{:S:} \\ \text{H} \end{array} \text{H}$
- C)  $\begin{array}{c} \text{:F:} \\ \text{:F:C:F:} \\ \text{:F:} \end{array}$

08. A

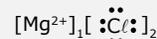
### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. D

02.

- A) De acordo com as propriedades periódicas dos elementos magnésio (grupo 2) e cloro (grupo 17), eles estabelecem ligação iônica, formando substância de natureza iônica. A fórmula mínima é  $\text{MgCl}_2$ . A fórmula eletrônica é:



Fósforo (grupo 15) e flúor (grupo 17) estabelecem ligação covalente, formando substância de natureza molecular.

A fórmula mínima é  $\text{PF}_3$ .

A fórmula eletrônica é:



- B) A substância condutora de eletricidade, quando dissolvida em água, é  $\text{MgCl}_2$ , por se tratar de um composto iônico solúvel em água. Com a dissolução desta substância, ocorre a dissociação dos íons. Os íons livres,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$ , correspondem às cargas elétricas responsáveis por conduzirem eletricidade. O  $\text{PF}_3$ , embora polar, é um composto molecular que, ao se dissolver em água, não conduz eletricidade.

03. D

08. Soma = 02

04. E

09. E

05. B

10. C

06. C

11. V V F V F

07. C

12. B

### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. C

02. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Ligações Covalentes II

### DIFERENÇAS ENTRE SUBSTÂNCIAS MOLECULARES E SUBSTÂNCIAS COVALENTES



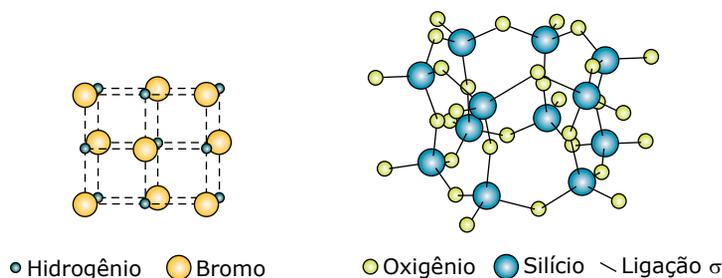
Tanto nas substâncias moleculares quanto nas covalentes existem ligações covalentes. Por que, então, essas substâncias apresentam propriedades tão diferentes?

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.

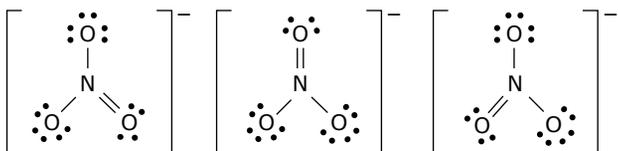
A seguir, estão representadas as estruturas cristalinas de duas substâncias, uma molecular e outra covalente.



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 ( $\text{SiO}_2$ ); 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.

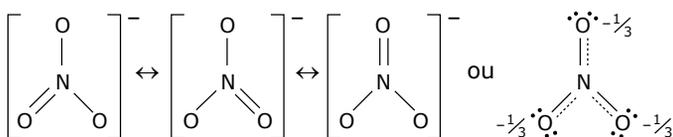
## RESSONÂNCIA

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 atonicidade 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 (atomicidade 2) e, no ozônio, ocorrem moléculas triatômicas (atomicidade 3).

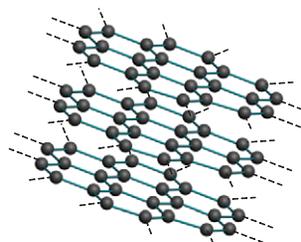
Essas duas substâncias apresentam propriedades químicas e físicas bastante diferentes. O primeiro é essencial para a maioria dos seres vivos, já o segundo é tóxico. Porém, a presença de gás ozônio na estratosfera é importante devido à sua capacidade de absorver radiações ultravioletas nocivas que outros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

### Alotropia no carbono

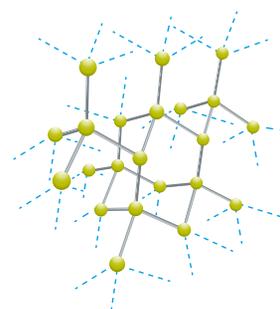
Grafita e diamante são sólidos covalentes que diferem pelo arranjo espacial dos átomos. A grafita é formada por átomos de carbono ligados a outros três, ou seja, com geometria trigonal plana, o que leva à obtenção de estruturas chapadas ou planares com anéis hexagonais. Estas interagem umas com as outras 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 (atomicidade 60) ou mais. Os átomos formam um arranjo trigonal plano ligeiramente deformado, com um sistema de anéis de cinco e seis membros.

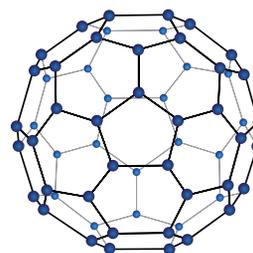
Tanto na grafita quanto no fulereno ocorrem a presença de elétrons deslocalizados, mas apenas a grafita pode conduzir bem a eletricidade.



Grafita



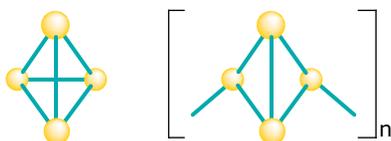
Diamante



Fulereno

## Alotropia no fósforo

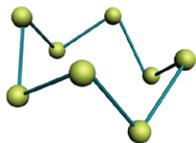
O fósforo tem dois alótropos importantes. Um é o fósforo branco, que é constituído de átomos ligados a três outros átomos, formando moléculas tetraédricas com quatro átomos cada. É um sólido molecular típico muito reativo, inflama-se espontaneamente em contato com o oxigênio atmosférico e, por isso, 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

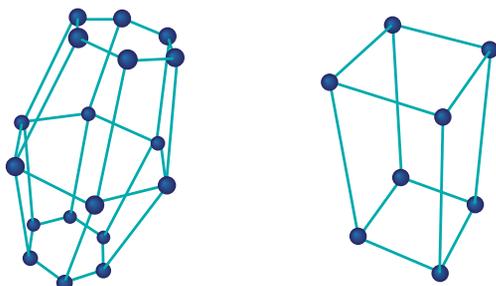
## Alotropia no enxofre

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)

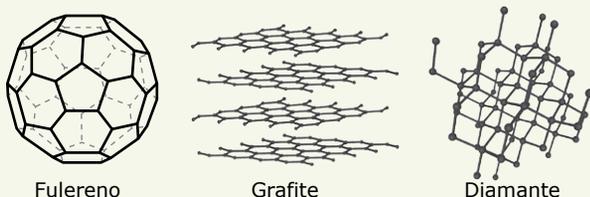
## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

- 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.** (FASEH-MG) A natureza do sólido depende do tipo de forças que mantém juntos os átomos, íons ou moléculas. Foram feitas as seguintes afirmações a respeito da estrutura do sólido gelo, ferro e grafite.
- O gelo é um sólido covalente, e seus átomos são mantidos unidos por ligações covalentes fortes, que formam uma rede que se estende por todo o cristal.
  - O ferro é formado por íons mantidos unidos por elétrons que se espalham pelo sólido, formando um mar de elétrons.
  - O grafite é um tipo de sólido molecular, que é formado por moléculas mantidas juntas por forças intermoleculares.
- A partir dessa análise, conclui-se que estão incorretas as afirmativas
- I e II apenas.
  - I e III apenas.
  - II e III apenas.
  - I, II e III.
- 03.** (UECE) Segundo o artigo "Grafeno será o silício do século 21?", do físico Carlos Alberto Santos, publicado na edição *online* 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.

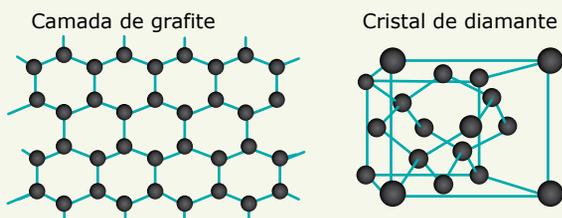
**05.** (UFPB) Em 1996, o prêmio Nobel de Química foi concedido aos cientistas que descobriram uma molécula com a forma de uma bola de futebol, denominada fulereo ( $C_{60}$ ). Além dessa substância, o grafite e o diamante também são constituídos de carbono. Os modelos moleculares dessas substâncias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



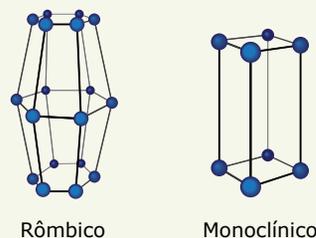
À temperatura ambiente e pressão atmosférica normal, o grafite é a forma estável do carbono. Assim, poderíamos considerar que o diamante, então, naturalmente, transformar-se-ia em grafite; no entanto, isso apenas ocorre à taxa zero ou a uma temperatura de 1 500 °C sob vácuo, para felicidade dos possuidores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



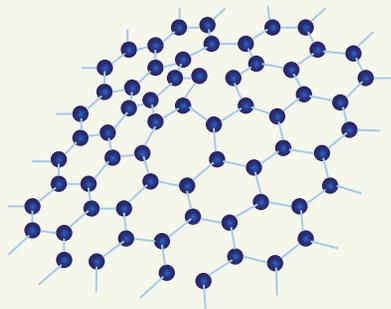
A respeito do enxofre rômboico e do enxofre monoclínico é correto afirmar que eles se constituem em

- 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)

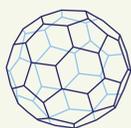


Disponível em: <<http://engenhariacivildauesc.blogspot.com.br/2010/10/e-o-premio-nobel-vai-paraografeno.html>>. Acesso em: 20 fev. 2014.

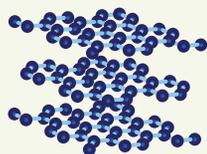
A figura anterior ilustra o grafeno: variedade alotrópica do carbono, constituída de uma monocamada de átomos do elemento ligados em arranjo hexagonal. Essa variedade é um exemplo da alotropia do carbono, como também o são

- 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.

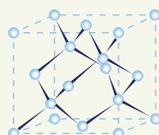
02. (UFU-MG) Observe as representações a seguir e assinale a alternativa correta.



Fulerenos



Grafite



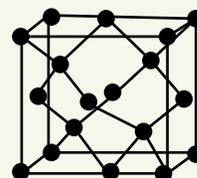
Diamante

- 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. (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.



Diamante



Grafite

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  $180^\circ$ .
- 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).

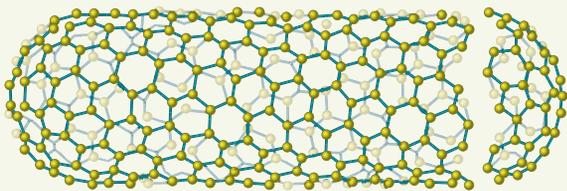
H1L8



- 01. Alotropia é o fenômeno onde um mesmo elemento químico forma duas ou mais substâncias simples diferentes.
- 02. Substâncias alotrópicas apresentam propriedades químicas e físicas idênticas.
- 04. As moléculas de CO e CO<sub>2</sub> e o íon CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> são consideradas substâncias alotrópicas entre si.
- 08. O nanotubo de carbono não pode ser considerado um alótropo do carbono, pois apresenta somente carbonos do tipo sp<sup>2</sup>, enquanto o diamante apresenta carbonos do tipo sp<sup>3</sup>.
- 16. O alótropo O<sub>2</sub> é mais estável que o ozônio, e a conversão do primeiro para o segundo pode ser conseguida através de descargas elétricas, como relâmpagos.

Soma ( )

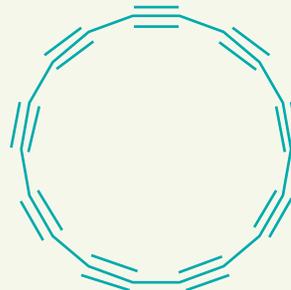
**07.** (UFAM) Os nanotubos de carbono, como ilustrado na figura a seguir, são alvo de muitas pesquisas. Entre suas características especiais, conta-se a resistência mecânica superior à do ferro, densidade menor que a do alumínio e estabilidade térmica no vácuo em valores em torno de 1 400 °C. Em relação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



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

**08.** (UFRGS-RS-2020) Teoricamente, prevê-se que um ciclo com dezoito átomos de carbono seria o menor anel de carbono possível de existir. Depois de inúmeras tentativas e fracassos, pesquisadores da Universidade de Oxford e da IBM Research conseguiram pela primeira vez sintetizar uma molécula de carbono em forma de anel com dezoito átomos de carbono, o ciclo[18]carbono (estrutura mostrada a seguir).

A descoberta, publicada na revista *Science* em agosto de 2019, abre novas perspectivas de aplicações em eletrônica e nanodispositivos.



Assinale a alternativa correta em relação ao ciclo[18]carbono.

- A) O ciclo[18]carbono constitui uma nova forma alotrópica do carbono.
- B) O ciclo[18]carbono é classificado como um alceno.
- C) A combustão completa de um mol de ciclo[18]carbono leva à formação da mesma quantidade de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O que a combustão completa de três mols de benzeno.
- D) Todos os carbonos apresentam geometria trigonal plana.
- E) A estrutura das ligações entre carbonos é semelhante à do diamante.

**09.**  
18MD



(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:

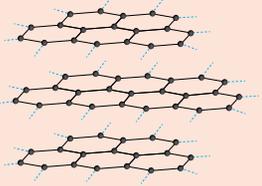
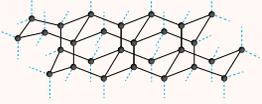
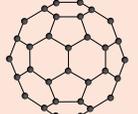
- ( ) A combustão completa de 1 mol de grafite produz 1 mol de dióxido de carbono. O mesmo não acontece com o diamante.
- ( ) Grafite e diamante são substâncias simples.
- ( ) No diamante, a ligação entre os átomos de carbono é apolar, enquanto que, no grafite, a ligação é polar.
- ( ) Por serem formadas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

**10.**  
4UU3



(UFMG) Carbono é um elemento cujos átomos podem se organizar sob a forma de diferentes alótropos.

Considere estas informações e representações de três desses alótropos:

Alótropos	$\Delta H$ de combustão a 25 °C / (kJ/mol)	Estrutura
Grafita (C)	-393,5	
Diamante (C)	-395,4	
Fulereo (C <sub>60</sub> )	-25 968,0	

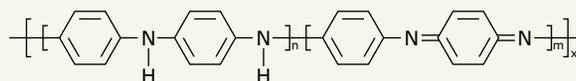
- A) Calcule os calores liberados, em kJ, na combustão de 1 mol de átomos de carbono de grafita e de fulereno. Deixe seus cálculos registrados, explicitando, assim, seu raciocínio.
- B) Indique o número de átomos a que está diretamente ligado um átomo de carbono nas três formas alotrópicas de carbono 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 cátodos 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. [...]

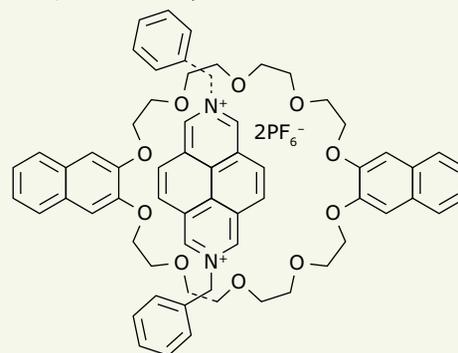
Esses polímeros possuem ligações pi conjugadas, permitindo a mobilidade eletrônica ao longo da cadeia. [...] Polianilina é um dos mais importantes polímeros condutores e tem sido intensamente estudada nos últimos anos.



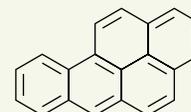
Disponível em: <[http://www.profpcc.com.br/Pol%C3%ADmeros\\_condutores\\_eletricidade.htm](http://www.profpcc.com.br/Pol%C3%ADmeros_condutores_eletricidade.htm)>. Acesso em: 18 jan. 2010. [Fragmento]

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

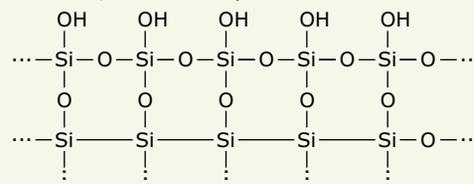
- A) iônico, como o composto:



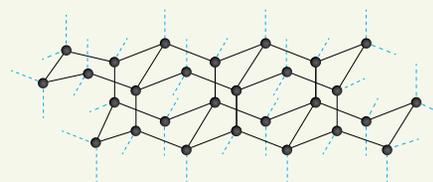
- B) molecular, como o composto:



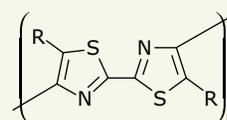
- C) covalente, como o composto:



- D) covalente, como o composto:

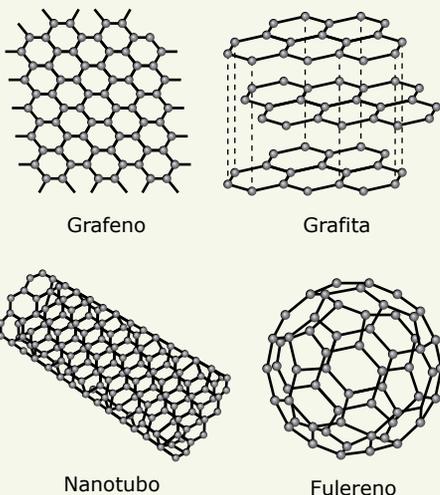


- E) molecular, como o composto:



**03.** Diversos cientistas trabalham intensamente na construção de novos materiais, que poderão ter aplicações na Medicina, na tecnologia ou em outras áreas.

Uma das promessas de aplicação prática é o grafeno – uma das variedades alotrópicas do carbono. Esse elemento pode formar diversas substâncias simples, o grafeno, a grafita, os nanotubos de carbono e os fulerenos. A grafita é formada por vários planos enfileirados, e cada um desses planos é formado por anéis hexagonais condensados. O grafeno equivale a um desses planos, enquanto os nanotubos equivalem a folhas de grafeno enroladas. Já os fulerenos são formados por ciclos hexagonais e pentagonais.



Em todas essas substâncias há átomos de carbono que apresentam arranjos estruturais similares – exibem estruturas hexagonais, nas quais cada vértice apresenta um átomo de carbono hibridizado em  $sp^2$ , tendo essas estruturas, portanto, deslocalização eletrônica. Entretanto, os fulerenos, ao contrário dos outros três materiais, não se revelam interessantes para a indústria eletrônica. Já o grafeno parece ser o mais promissor nessa área, pois, na forma pura, é um dos melhores condutores elétricos existentes.

A diferença na condutividade elétrica entre o fulereno e os demais materiais se justifica pelo fato de o fulereno apresentar deslocalização eletrônica apenas

- A) nos ciclos hexagonais e não nos ciclos pentagonais, enquanto a grafita e os nanotubos exibem grandes espaços vazios, o que torna esses materiais menos densos que o grafeno e, portanto, piores condutores.
- B) nos ciclos pentagonais e não nos ciclos hexagonais, enquanto o grafeno apresenta maior planaridade entre os átomos, facilitando a deslocalização eletrônica.
- C) intramolecular, enquanto o grafeno apresenta maior planaridade entre os orbitais p em relação aos nanotubos, além de não apresentar vários planos, uma vez que não há condução entre eles.

- D) intermolecular, enquanto o grafeno apresenta maior planaridade entre os orbitais p em relação aos nanotubos ou à grafita, sendo, portanto, melhor condutor.
- E) nos ciclos hexagonais e não nos ciclos pentagonais, enquanto o grafeno apresenta maior planaridade entre os orbitais p em relação aos nanotubos ou à grafita, sendo, portanto, melhor condutor.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

- 01. C
- 02. B
- 03. C
- 04. E
- 05. C
- 06. Soma = 17
- 07. E
- 08. A
- 09. F V F F V

- 10.  A) Grafita: 393,5 kJ  
Fulereno: 432,8 kJ

<input type="radio"/> B)	<b>Grafita</b>	<b>Diamante</b>	<b>Fulereno</b>
	3	4	3

- C) A maior energia liberada na combustão do fulereno se deve à tensão proveniente dos anéis pentagonais. Como os ângulos esperados seriam de  $120^\circ$  (ângulo de ligação de carbonos trigonais), o fato de, nos pentágonos do fulereno, esses ângulos estarem em torno de  $108^\circ$  gera uma tensão angular.
- D) O fulereno é um sólido molecular, ao passo que a grafita é um sólido covalente. No primeiro, as unidades estruturais são moléculas  $C_{60}$  ligadas umas às outras por interações dipolo induzido-dipolo instantâneo, facilmente rompidas por ação de um solvente apolar. Já a dissolução do segundo envolveria, além da ruptura de interações dipolo induzido, a quebra de ligações mais intensas entre os átomos do tipo covalente.

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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



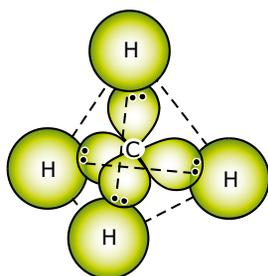
Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Geometria Molecular e Polaridade das Moléculas

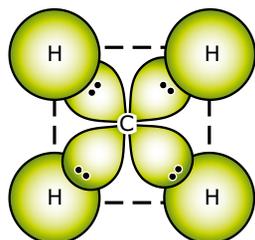
### GEOMETRIA MOLECULAR

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:

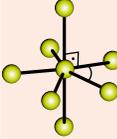


A estrutura tetraédrica do metano mostra a separação máxima dos pares de elétrons das ligações.

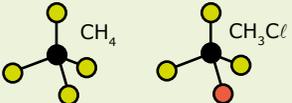
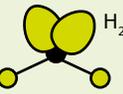
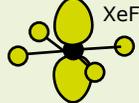
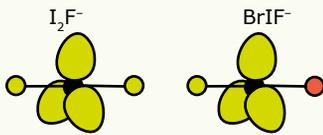
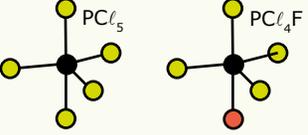
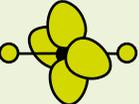
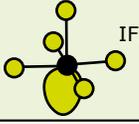
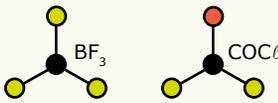
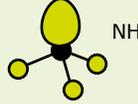
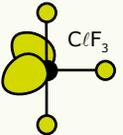
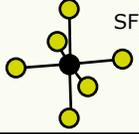


A estrutura hipotética de um quadrado plano para o metano. Quando comparar essa estrutura com a da figura anterior, lembre-se de que todos os átomos na estrutura do quadrado estão num mesmo plano (do papel), ao passo que, na estrutura tetraédrica os átomos estão em três dimensões.

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°
			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	$AX_2E_4$		Pirâmide $AX_3E$ quadrada	
Trigonal	$AX_3$		Piramidal $AX_3E$	
Geometria $TAX_3E_2$			Octaédrica $AX_6$	
			Bipirâmide $AX_7$ pentagonal	

 $E$  = 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

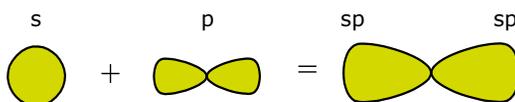
A hibridização, ou hibridação, é a teoria que explica as ligações químicas nas moléculas. Trata-se do processo de combinação de orbitais atômicos num átomo (geralmente o central) de modo a gerar um novo conjunto de orbitais atômicos, os orbitais híbridos.

### 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.

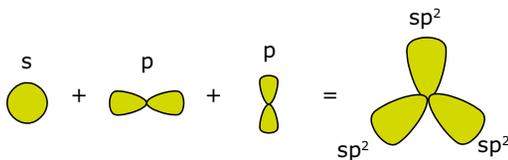
### Hibridização sp: Caso do berílio

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



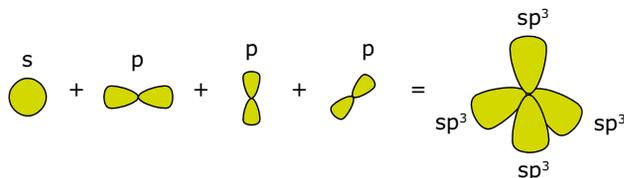
### Hibridização $sp^2$ : Caso do boro

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



### 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 <math>sp^2</math> 120°</p> <p>Plana •B.   B</p>			
<p>Caso do carbono <math>sp^3</math> 109,5°</p> <p>Tetraédrica •C.   C</p>			

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

Hibridização	Estado fundamental
<p>Caso do enxofre <math>sp^3d^2</math></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 <sup>2</sup>	3
4	Tetraédrica	sp <sup>3</sup>	4
5	Bipirâmide trigonal	sp <sup>3</sup> d	5
6	Octaédrica	sp <sup>3</sup> d <sup>2</sup>	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.

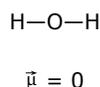
### Exemplos:



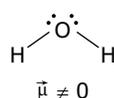
Como o  $\vec{\mu}$  (momento dipolar resultante) é obtido por uma soma vetorial, é importante levar em consideração a geometria da molécula para não incorrer em erro.

### Exemplo: H<sub>2</sub>O

Geometria incorreta  $\Rightarrow$  molécula apolar

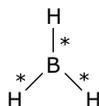


Geometria correta  $\Rightarrow$  molécula polar



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

### Exemplo:



\*ligação polar  $\Rightarrow$  molécula apolar

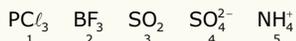
O quadro a seguir apresenta, para as geometrias mais comuns, as possibilidades de polaridade das moléculas.

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

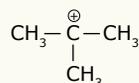


- 01.** (UEG-GO-2020) A partir do conhecimento da estrutura de Lewis adequada pode-se prever a geometria de moléculas ou íons e, nesse contexto, considere as espécies químicas a seguir:



Qual molécula ou íon apresenta geometria molecular angular?

- A) 4                                  C) 1                                  E) 5  
B) 2                                  D) 3
- 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) 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)  $\text{H}_2\text{O}$  – Geometria linear  
B)  $\text{NH}_4^+$  – Geometria tetraédrica  
C)  $\text{CO}_2$  – Geometria angular  
D)  $\text{BF}_3$  – 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  $\text{H}_2\text{O}$ , 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.** (PUC Minas) 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)  $\text{HCl}$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{O}_2$ .  
B)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ .  
C)  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CCl}_4$  e  $\text{CO}_2$ .  
D)  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{BF}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**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  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{SO}_2$ .

Sobre as moléculas desses gases, é correto afirmar que

- A)  $\text{CO}_2$  é apolar, e  $\text{NO}_2$  e  $\text{SO}_2$  são polares.  
B)  $\text{CO}_2$  é polar, e  $\text{NO}_2$  e  $\text{SO}_2$  são apolares.  
C)  $\text{CO}_2$  e  $\text{NO}_2$  são apolares, e  $\text{SO}_2$  é polar.  
D)  $\text{CO}_2$  e  $\text{NO}_2$  são polares, e  $\text{SO}_2$  é apolar.  
E)  $\text{CO}_2$  e  $\text{SO}_2$  são apolares, e  $\text{NO}_2$  é polar.

**08.**  
QM5D



(OBQ) Considere um composto de fórmula  $\text{AB}_2$ , no qual as ligações A—B são covalentes. Nesse composto, a hibridação de A poderá ser

- A) somente  $\text{sp}$ .                                  D) somente  $\text{sp}$  ou  $\text{sp}^3$ .  
B) somente  $\text{sp}^2$ .                              E)  $\text{sp}$ ,  $\text{sp}^2$  ou  $\text{sp}^3$ .  
C) somente  $\text{sp}$  ou  $\text{sp}^2$ .

EXERCÍCIOS  
PROPOSTOS

- 01.** (EsPCEX-SP) As substâncias ozônio ( $O_3$ ); dióxido de carbono ( $CO_2$ ); dióxido de enxofre ( $SO_2$ ); água ( $H_2O$ ) e cianeto de hidrogênio (HCN) são exemplos que representam moléculas triatômicas. Dentre elas, as que apresentam geometria molecular linear são, apenas,

**Dados:**  ${}_1H^1$ ;  ${}_6C^{12}$ ;  ${}_8O^{16}$ ;  ${}_{16}S^{32}$ ;  ${}_7N^{14}$ .

- A) cianeto de hidrogênio e dióxido de carbono.  
B) água e cianeto de hidrogênio.  
C) ozônio e água.  
D) dióxido de enxofre e dióxido de carbono.  
E) ozônio e dióxido de enxofre.

- 02.** (ITA-SP) Assinale a opção que contém a geometria molecular correta das espécies  $OF_2$ ,  $SF_2$ ,  $BF_3$ ,  $NF_3$ ,  $CF_4$  e  $XeO_4$ , todas no estado gasoso.



- A) Angular, linear, piramidal, piramidal, tetraédrica e quadrado planar.  
B) Linear, linear, trigonal plana, piramidal, quadrado planar e quadrado planar.  
C) Angular, angular, trigonal plana, piramidal, tetraédrica e tetraédrica.  
D) Linear, angular, piramidal, trigonal plana, angular e tetraédrica.  
E) Trigonal plana, linear, tetraédrica, piramidal, tetraédrica e quadrado planar.

- 03.** (UFRGS-RS-2020)



Disponível em: <www.reddit.com>. Acesso em: 05 ago. 2019 (Adaptação).

O conceito químico, associado a essa tira, pode ser interpretado como

- A) substâncias apolares são menos densas que a água.  
B) substâncias polares são geralmente solúveis em água.  
C) substâncias polares são mais densas que substâncias apolares.  
D) substâncias apolares são mais solúveis em água que polares.  
E) substâncias polares e apolares são miscíveis entre si.

- 04.** (UDESC) Assinale a alternativa correta em relação às características da molécula de amônia ( $NH_3$ ) e da de tetracloreto de carbono ( $CCl_4$ ), respectivamente.

- A) Polar e solúvel em água; polar e solúvel em água.  
B) Polar e pouco solúvel em água; apolar e muito solúvel em água.  
C) Apolar e solúvel em água; polar e solúvel em água.  
D) Polar e solúvel em água; apolar e pouco solúvel em água.  
E) Apolar e pouco solúvel em água; apolar e pouco solúvel em água.

- 05.** (EsPCEX-SP-2017) Compostos contendo enxofre estão presentes, em certo grau, em atmosferas naturais não poluídas, cuja origem pode ser: decomposição de matéria orgânica por bactérias, incêndio de florestas, gases vulcânicos etc. No entanto, em ambientes urbanos e industriais, como resultado da atividade humana, as concentrações desses compostos são altas. Dentre os compostos de enxofre, o dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) é considerado o mais prejudicial à saúde, especialmente para pessoas com dificuldade respiratória.



BROWN, T. L. et al. *Química: a Ciência Central*. 9. ed. São Paulo: Ed. Pearson, 2007 (Adaptação).

Em relação ao composto  $SO_2$  e sua estrutura molecular, pode-se afirmar que se trata de um composto que apresenta

**Dado:** número atômico S = 16; O = 8.

- A) ligações covalentes polares e estrutura com geometria espacial angular.  
B) ligações covalentes apolares e estrutura com geometria espacial linear.  
C) ligações iônicas polares e estrutura com geometria espacial trigonal plana.  
D) ligações covalentes apolares e estrutura com geometria espacial piramidal.  
E) ligações iônicas polares e estrutura com geometria espacial linear.

- 06.** (UPF-RS) Na coluna da esquerda, estão relacionadas as moléculas e, na coluna da direita, a geometria molecular. Relacione cada molécula com a adequada geometria molecular.



1. $NOC\ell$	( ) linear
2. $NC\ell_3$	( ) tetraédrica
3. $CS_2$	( ) trigonal plana
4. $CC\ell_4$	( ) angular
5. $BF_3$	( ) piramidal

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

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

**07.** (PUC Minas) Considere os compostos:



CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> Te	H <sub>2</sub> Se
I	II	III	IV	V

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<sub>6</sub>) 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<sub>6</sub>, 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) 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<sub>3</sub>) 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<sub>2</sub>O) possui geometria linear, consequentemente, vetor resultante igual a zero.

04. A molécula de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 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<sub>2</sub> e AlF<sub>3</sub> 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

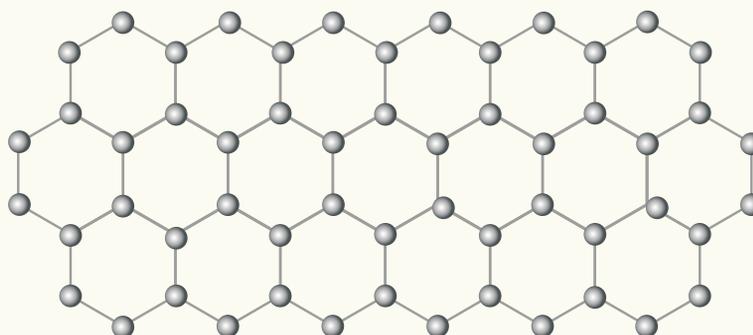
(UFPB) O controle sobre a transformação da matéria culmina na obtenção de novos compostos e promove os avanços tecnológicos atuais. Isso é resultado da compreensão das teorias de ligações químicas, que permite esclarecer os aspectos referentes às interações entre orbitais atômicos, contemplando a orientação 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)		$sp^3d$	$\sigma$ e $\pi$
B)		$sp^3$	$\sigma$
C)		$sp^2$	$\sigma$ e $\pi$
D)		$sp$	$\sigma$ e $\pi$
E)		$sp^3$	$\pi$

## SEÇÃO ENEM

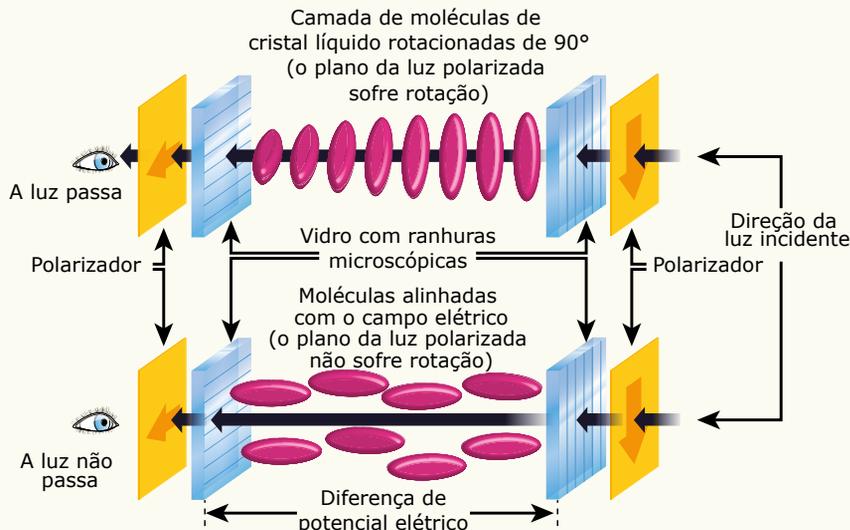
01. (Enem-2018) O grafeno é uma forma alotrópica do carbono constituído por uma folha planar (arranjo tridimensional) de átomos de carbono compactados e com a espessura de apenas um átomo. Sua estrutura é hexagonal, conforme a figura.



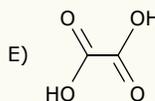
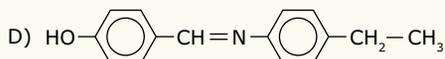
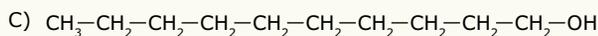
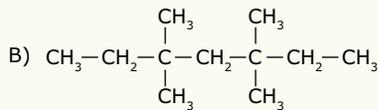
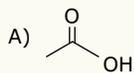
Nesse arranjo, os átomos de carbono possuem hibridização

- 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?



## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

#### Aprendizagem

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

#### Propostos

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

#### Seção Enem

01. B       02. D

### Meu aproveitamento

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

07. A  
 08. E

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

10. Soma = 05  
 11. C  
 12. C

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_



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**.

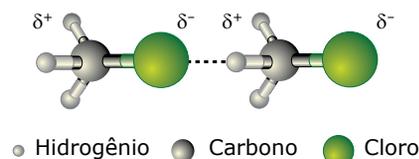
É importante ressaltar que, apesar de estarmos tratando, neste momento, de interações intermoleculares, essas mesmas interações podem aparecer entre grupamentos de uma mesma molécula. Em tal situação, pode-se dizer que são **interações intramoleculares** e podem favorecer um determinado arranjo espacial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

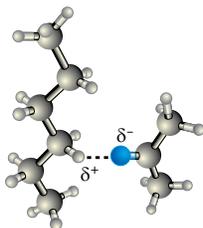
As interações dipolo-dipolo aparecem em todas as substâncias que apresentam **moléculas polares**. São geralmente menos intensas que as ligações entre íons e diminuem a intensidade de forma acentuada com o aumento da distância.



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,  $C_6H_{14(l)}$ .

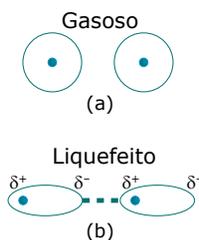


● Hidrogênio ● Oxigênio ● Carbono

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 <sub>2</sub>	-219,6	-188,1
Cl <sub>2</sub>	-101,0	-34,6
Br <sub>2</sub>	-7,2	58,8
I <sub>2</sub>	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.

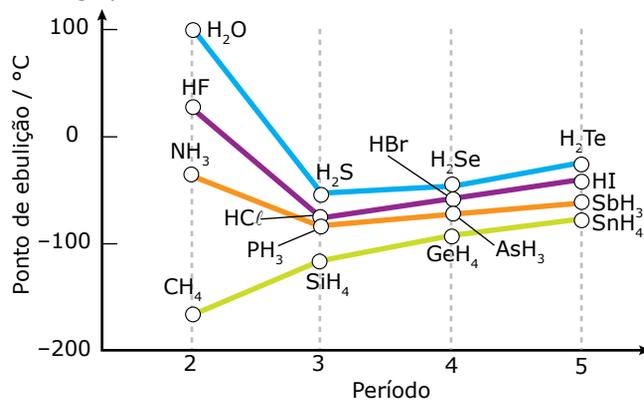
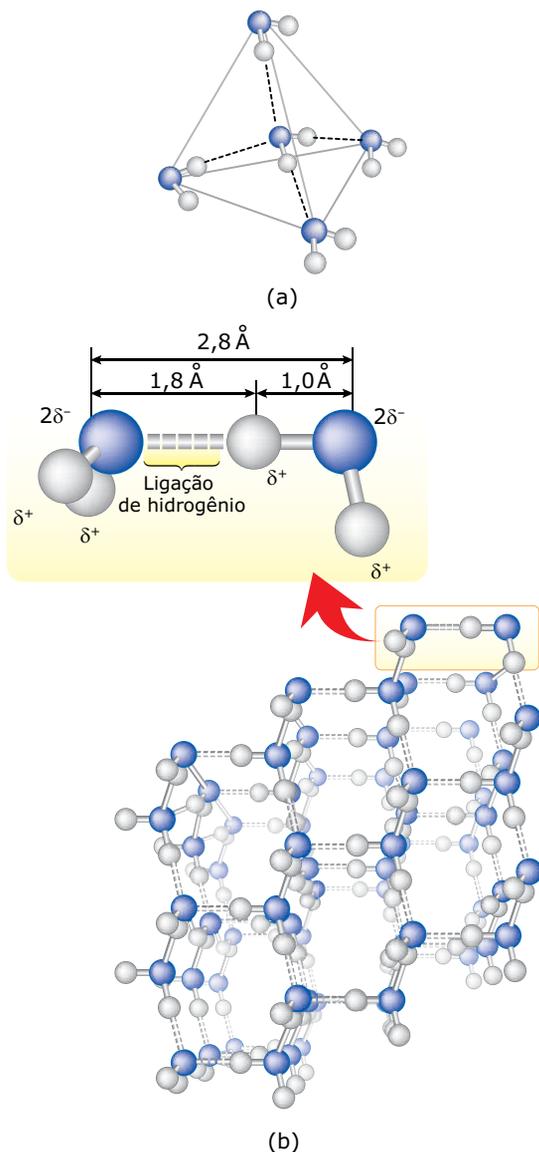


Diagrama mostrando o ponto de ebulição dos hidretos das colunas 14, 15, 16 e 17.



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.
- (PUC Rio-2020) O açúcar refinado é constituído majoritariamente por sacarose, um poliálcool com fórmula molecular  $C_{12}H_{22}O_{11}$ . A alta solubilidade da sacarose em água pode ser explicada por
  - interações intermoleculares do tipo ligações de hidrogênio entre a sacarose e a água.
  - fortes interações do tipo íon-dipolo entre a sacarose e a água.
  - ligações covalentes formadas entre a sacarose e a água.
  - ligações iônicas formadas entre a sacarose e a água.
  - caráter iônico da sacarose.

04. NRUD



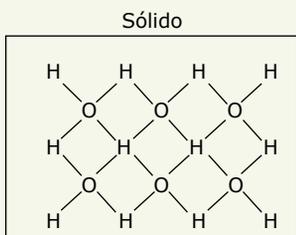
(UFMG) Considere separadamente as substâncias tetracloreto de carbono, água, n-hexano e acetona, listadas na tabela de interações intermoleculares, nessa ordem.

	$CCl_4$	$H_2O$	$CH_3(CH_2)_4CH_3$	$CH_3COCH_3$
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

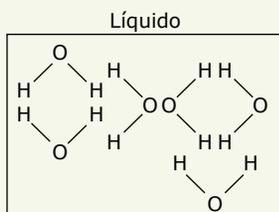
As interações mais fortes entre as espécies constituintes estão indicadas corretamente em

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

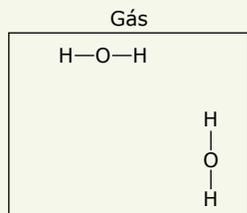
**05.** (PUC-SP) Em um caderno de estudos encontram-se as seguintes representações do arranjo das moléculas de água em três estados de agregação: sólido, líquido e gasoso.



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.  
GOUL


(UDESC) 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.

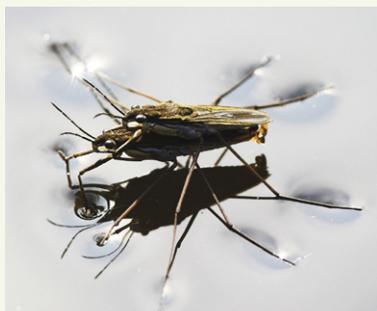
- A) 2 - 4 - 3 - 1                      D) 4 - 2 - 3 - 1  
B) 4 - 3 - 2 - 1                      E) 3 - 1 - 4 - 2  
C) 2 - 1 - 4 - 3

02. (UEPG-PR-2018) Sobre forças intermoleculares, assinale o que for correto.

01. Moléculas de ácido fluorídrico (HF) estabelecem ligação de hidrogênio.
02. A existência de ligação de hidrogênio entre as moléculas em um determinado composto interfere no seu ponto de ebulição.
04. Forças intermoleculares do tipo dipolo-dipolo são mais fortes que ligações de hidrogênio.
08. Moléculas de ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) interagem pela presença da ligação de hidrogênio.

Soma ( )

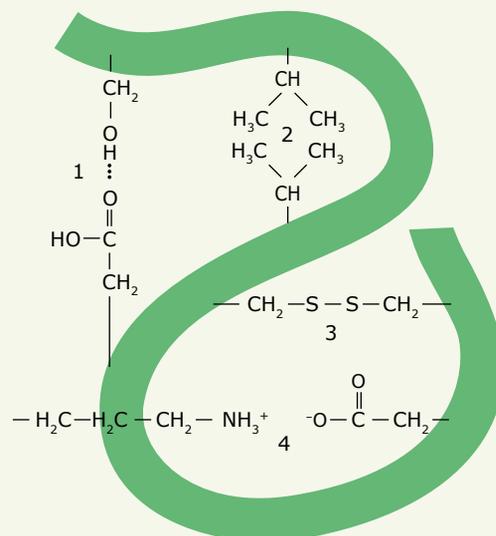
03. (UFPA) Os insetos mostrados na figura não afundam na água devido ao(à)



- 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

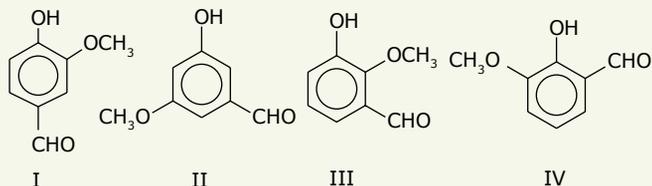

(UAM-SP) A figura representa os tipos de interações que sustentam a estrutura tridimensional formada pelo dobramento das cadeias polipeptídicas que constituem uma enzima.



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  $[\text{Ar}] 3d^8$ .  
E) O íon cobre (II) encontra-se na forma reduzida,  $\text{Cu}^{2-}$ .

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
$\text{H}_2\text{S}$	34
$\text{H}_2\text{Se}$	81
$\text{H}_2\text{Te}$	129

- A)  $\text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{Se} < \text{H}_2\text{Te}$   
B)  $\text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{Te} < \text{H}_2\text{Se}$   
C)  $\text{H}_2\text{Te} < \text{H}_2\text{Se} < \text{H}_2\text{S}$   
D)  $\text{H}_2\text{Te} < \text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{Se}$

08. F273



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

Composto	Ponto de ebulição ( $^{\circ}\text{C}$ )
HF	19,5
$\text{HCl}$	-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.  $\text{F}_2$  possui ponto de ebulição maior que o do  $\text{Cl}_2$ .  
II. O ácido fluorídrico possui menor ponto de ebulição do que o ácido clorídrico.  
III. Em condições ambientais, com temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  e pressão de 1 atm, o gelo-seco ( $\text{CO}_2$  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. XMA4

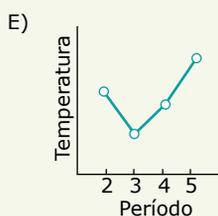
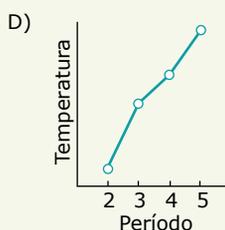
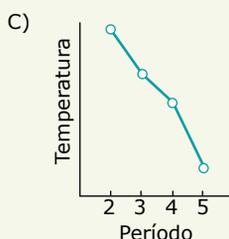
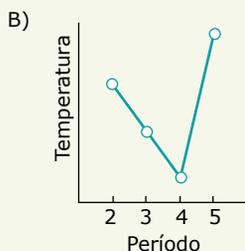
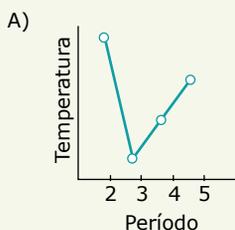


(UFRGS-RS) Em 2015, pesquisadores comprimiram o gás sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) em uma bigorna de diamantes até 1,6 milhão de vezes à pressão atmosférica, o suficiente para que sua resistência à passagem da corrente elétrica desaparecesse a  $-69,5^{\circ}\text{C}$ . A experiência bateu o recorde de "supercondutor de alta temperatura" que era  $-110^{\circ}\text{C}$ , 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  $\text{CH}_4$  apresenta uma geometria tetraédrica, enquanto a molécula de  $\text{PH}_3$  é piramidal.  
 Soma ( )

13.

A7S2



- (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:

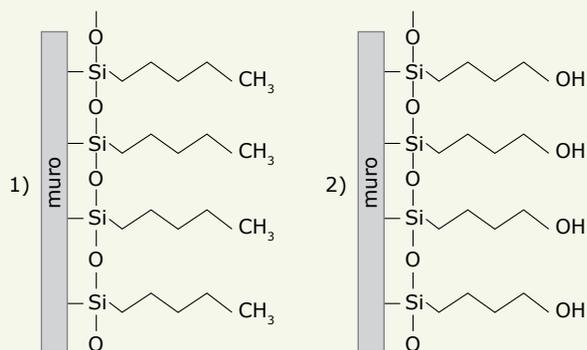
H = 1,00 g/mol; I = 126,9 g/mol; Br = 79,9 g/mol; Cl = 35,5 g/mol.

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.: HI > HBr > 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.



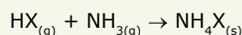
Como a urina é constituída majoritariamente por água, e levando-se em conta as forças intermoleculares, pode-se afirmar corretamente que

- 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  $\text{NH}_3$ , de forma natural ou antropogênica, dando origem a sais de amônio ( $\text{NH}_4\text{X}$ ), 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

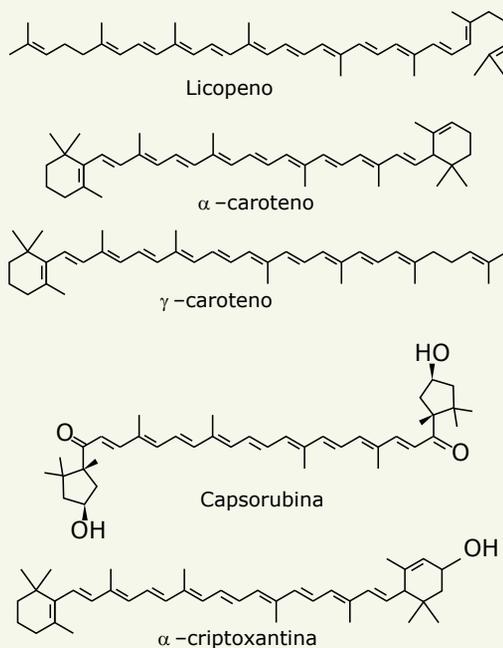
- A) ligações iônicas.
- B) interações dipolo-dipolo.
- C) interações dipolo-dipolo induzido.
- D) interações íon-dipolo.
- E) ligações covalentes.

**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.
- B)  $\alpha$ -caroteno.
- C)  $\gamma$ -caroteno.
- D) capsorubina.
- E)  $\alpha$ -criptoxantina.

03.  
4FPS



(Enem) 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

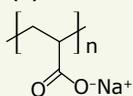
- A) ligações dissulfeto.
- B) ligações covalentes.
- C) ligações de hidrogênio.
- D) interações dipolo induzido–dipolo induzido.
- E) interações dipolo permanente–dipolo permanente.

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.

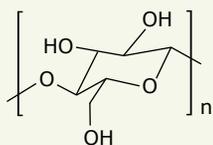
Para explicar o comportamento do etanol antes e depois da adição de água, é necessário conhecer

- 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)



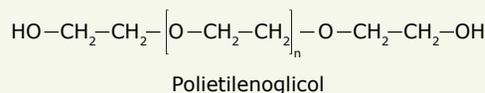
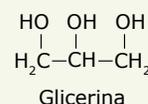
(2)

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.

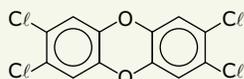


Disponível em: <<http://www.brasilecola.com>>. Acesso em: 23 abr. 2010 (Adaptação).

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 liberação de substâncias derivadas da dioxina no meio ambiente. Tais compostos são produzidos em baixas concentrações, como resíduos da queima de matéria orgânica em presença de produtos que contenham cloro. Como consequência de seu amplo espalhamento no meio ambiente, bem como de suas propriedades estruturais, as dioxinas sofrem magnificação trófica na cadeia alimentar. Mais de 90% da exposição humana às dioxinas é atribuída aos alimentos contaminados ingeridos. A estrutura típica de uma dioxina está apresentada a seguir:



2,3,7,8-tetraclorodibenzeno-*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. D) I, II e IV.  
B) III e IV. E) II, III e IV.  
C) I, II e III.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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

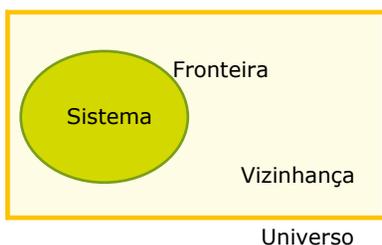
### CONCEITOS FUNDAMENTAIS

#### 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:

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

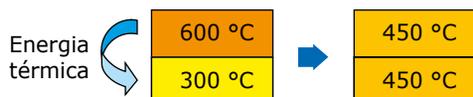
#### OBSERVAÇÃO

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.

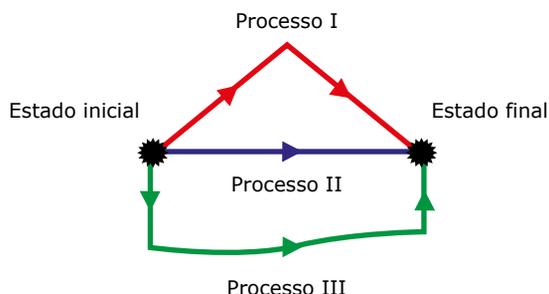
## Entalpia (H)

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 ( $\Delta H$ ) como:

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

Para os processos I, II e III, temos o mesmo  $\Delta H$ , 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.

inicial ⇒ final

reagentes ⇒ produtos

Assim:

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

## REAÇÕES EXOTÉRMICAS E ENDOTÉRMICAS



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

### OBSERVAÇÃO

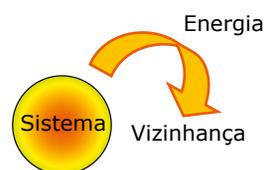
Em uma reação, o  $\Delta H$  não poderá ser igual a zero, pois, se isso ocorrer, o conteúdo energético total dos reagentes e dos produtos será o mesmo, o que só ocorrerá se os produtos e os reagentes forem iguais. Isso acontecerá quando não houver uma reação, já que os reagentes não se transformaram.

### Exotérmicas

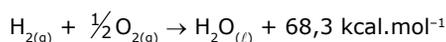
Reações exotérmicas são aquelas que liberam energia térmica. Os reagentes são mais energéticos do que os produtos. A energia liberada pelo sistema promove o aumento da temperatura do meio.

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

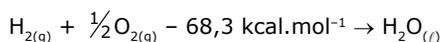
Esquema:



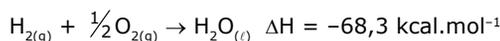
Representação por meio de equações:



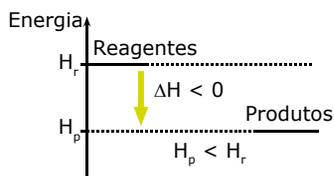
ou



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.

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

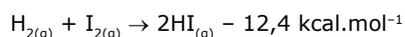
Esquema:



Representação por meio de equações:



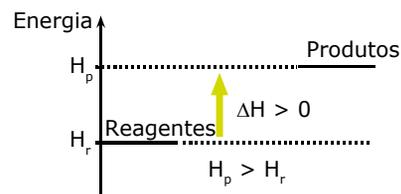
ou



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

**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) $Q_1 > Q_2 > Q_3$ | C) $Q_3 > Q_1 > Q_2$ |
| B) $Q_2 > Q_1 > Q_3$ | D) $Q_3 > Q_2 > Q_1$ |

**03.** (PUC Minas) Considere as transformações a seguir:

- I. Congelação da água.
- II. Vaporização da água.
- III. Fusão do gelo.
- IV. Condensação do vapor de água.

São transformações que liberam calor:

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

**04.** (Fatec-SP) 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](http://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](http://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.

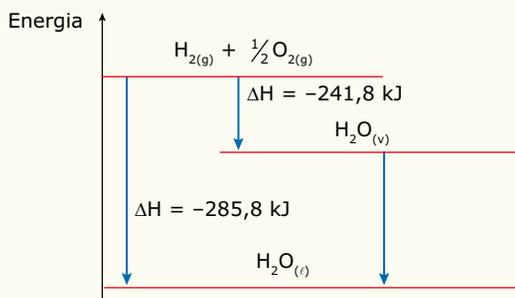
Disponível em: <[www.gazetaonline.globo.com](http://www.gazetaonline.globo.com)>. Acesso em: 04 nov. 2016.

- O princípio de funcionamento dessa espécie de ar-condicionado baseia-se no fato de o gelo sofrer uma
- decomposição exotérmica, que libera energia para o ambiente.
  - decomposição endotérmica, que absorve energia do ambiente.
  - mudança de estado exotérmica, que absorve energia do ambiente.
  - mudança de estado endotérmica, que libera energia para o ambiente.
  - mudança de estado endotérmica, que absorve energia do ambiente.

06. 0GD6



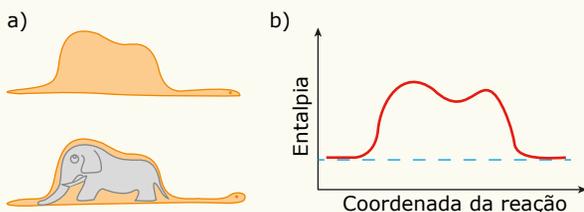
(UCB-DF) Numa sauna a vapor, o calor envolvido na condensação do vapor de água é, em parte, responsável pelo aquecimento da superfície da pele das pessoas que estão em seu interior, de acordo com o diagrama a seguir:



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

- Liberação de 44 kJ
- Absorção de 44 kJ
- Liberação de 527,6 kJ
- Absorção de 527,6 kJ
- 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.



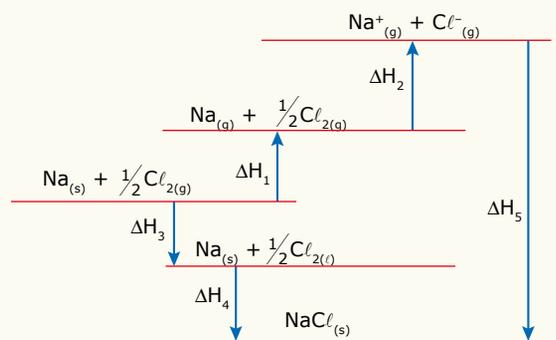
Para um químico, no entanto, essa figura pode se assemelhar a um diagrama de entalpia, em função da coordenada da reação (figura b). Se a comparação for válida, a variação de entalpia dessa reação seria

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

08. 8C7B



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



São transformações endotérmicas:

- Vaporização do cloro líquido e formação do cloreto de sódio sólido.
- Liquefação do cloro gasoso e vaporização do cloreto de sódio sólido.
- Liquefação do cloro gasoso e ionização do sódio sólido.
- Ionização do sódio gasoso e vaporização do cloreto de sódio sólido.
- Solidificação do sódio gasoso e ionização do cloro gasoso.

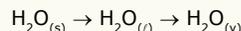
## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01. UTXJ



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

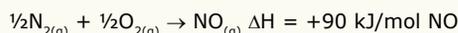


- A ordem de entalpia da água é  $\text{H}_2\text{O}_{(s)} < \text{H}_2\text{O}_{(l)} < \text{H}_2\text{O}_{(v)}$ .
- A fusão e a vaporização são processos endotérmicos.
04. Na condensação, a energia final é maior do que a energia antes da mudança de estado.
08. No processo de formação de cubos de gelo 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:



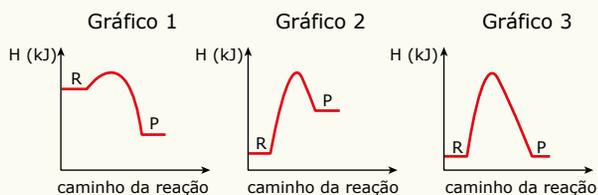
A equação que descreve corretamente a reação, incluindo os aspectos termoquímicos nela envolvidos, é:

- $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)} + 90 \text{ kJ}$
- $\frac{1}{2}\text{N}_{2(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{NO}_{(g)} + 180 \text{ kJ}$
- $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} + 90 \text{ kJ} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)}$
- $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} + 180 \text{ kJ} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)}$
- $\text{N}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{NO}_{(g)} + 180 \text{ kJ}$

**03.** (Fatec-SP-2019) Um incêndio atingiu uma fábrica de resíduos industriais em Itapevi, na Grande São Paulo. O local armazenava três toneladas de fosfeto de alumínio (AlP). De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), o fosfeto de alumínio reagiu com a água usada para apagar as chamas, produzindo hidróxido de alumínio e fosfina (PH<sub>3</sub>). A fosfina é um gás tóxico, incolor, e não reage com a água, porém reage rapidamente com o oxigênio liberando calor e produzindo pentóxido de difósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Segundo os médicos, a inalação do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pode causar queimadura tanto na pele quanto nas vias respiratórias devido à formação de ácido fosfórico.

Disponível em: <<https://tinyurl.com/yafzufbo>>. Acesso em: 11 out. 2018 (Adaptação).

Os gráficos 1, 2 e 3 representam a variação da energia em função do caminho da reação para três transformações químicas, sendo R o reagente e P o produto de cada reação.



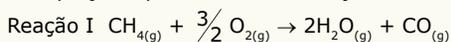
Entre os gráficos 1, 2 e 3, aquele que representa corretamente a reação da fosfina com o oxigênio, descrita no texto, é o

- A) gráfico 1, pois a reação é endotérmica e apresenta  $\Delta H_r^\circ < 0$ .
- B) gráfico 1, pois a reação é exotérmica e apresenta  $\Delta H_r^\circ < 0$ .
- C) gráfico 2, pois a reação é endotérmica e apresenta  $\Delta H_r^\circ > 0$ .
- D) gráfico 2, pois a reação é exotérmica e apresenta  $\Delta H_r^\circ < 0$ .
- E) gráfico 3, pois a reação é endotérmica e apresenta  $\Delta H_r^\circ > 0$ .

**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:

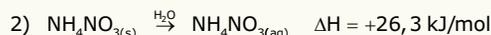
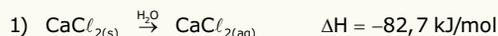


Considerando-se essas reações, é correto afirmar que

- 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,

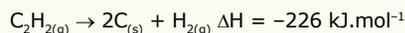
- A) somente I está correta.
- B) somente II está correta.
- C) somente I e III estão corretas.
- D) somente I e II estão corretas.
- E) I, II e III estão corretas.

**06.**

CGØC



(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:

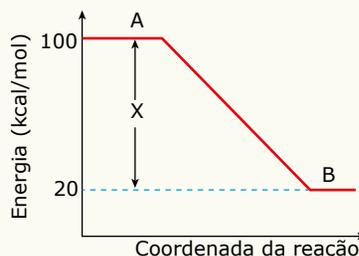
- A) Há uma liberação de calor, constituindo-se uma reação endotérmica.
- B) 2 mol de acetileno produzem 226 kJ.mol<sup>-1</sup> de calor.
- C) A entalpia dos produtos é igual à dos reagentes.
- D) Ocorre a liberação de calor, constituindo-se uma reação exotérmica.
- E) Invertendo-se a equação, a quantidade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

**07.**

QKSN



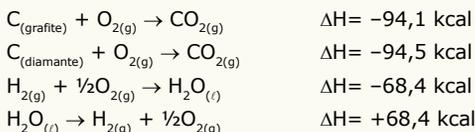
(UEPG-PR) Durante a Guerra do Golfo, os soldados aqueciam seus alimentos utilizando-se de recipientes de plástico que continham magnésio metálico. Para que houvesse o aquecimento, pequenas quantidades de água eram adicionadas ao magnésio, produzindo hidróxido de magnésio e hidrogênio. O diagrama de entalpia 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. Q8Z0

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

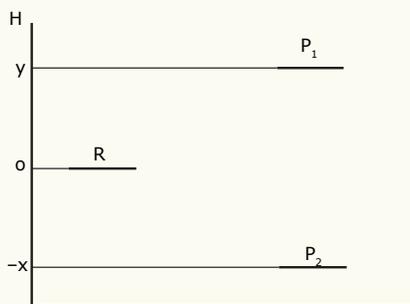


01. Considerando os valores de entalpia, pode-se afirmar que a variedade alotrópica  $C_{(diamante)}$  é mais estável que  $C_{(grafite)}$ .  
 02. O valor de  $\Delta H$  na equação de formação da água significa que houve liberação de 68,4 kcal/mol.  
 04. O carbono, na forma grafite ou diamante, ao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

Soma ( )

09. 7KEU

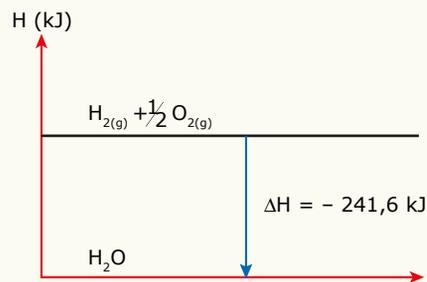
(UEG-GO) O gráfico a seguir representa a variação de entalpia para uma reação genérica que pode levar à formação dos produtos  $P_1$  e  $P_2$  a partir do reagente R.



- 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. CX6Q

(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.

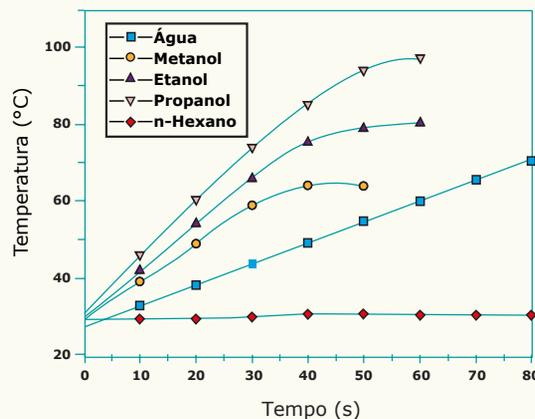
- A) V - F - V - F  
 B) F - V - V - V  
 C) F - V - F - V  
 D) F - V - V - F  
 E) V - F - F - V

## SEÇÃO ENEM



01. WCDU

(Enem) 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<sub>2</sub>O
- B) CH<sub>3</sub>OH
- C) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH
- D) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH
- E) CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>

**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.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### 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  $\Delta H$  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  $\Delta H^\circ$ .

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 ( $\text{O}_2$ )	Ozônio ( $\text{O}_3$ )
Carbono grafite	Carbono diamante
Enxofre rômico ( $\text{S}_8$ )	Enxofre monoclinico ( $\text{S}_8$ )

### 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  $\Delta H^\circ_f$ .

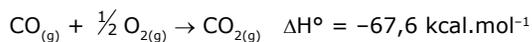
Substâncias simples no estado padrão ( $H = 0$ )	
$\text{O}_{2(g)}$	$\text{I}_{2(s)}$
$\text{H}_{2(g)}$	$\text{S}_{(\text{rômico})}$
$\text{C}_{\ell_{2(g)}}$	$\text{C}_{(\text{grafita})}$
$\text{F}_{2(g)}$	$\text{Hg}_{(l)}$
$\text{Br}_{2(l)}$	Os metais, exceto o mercúrio, são sólidos. ( $\text{Al}_{(s)}$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

#### Exemplos:



## OBSERVAÇÕES

## 1. A reação



é de síntese de  $\text{CO}_2$ , porém o valor  $-67,61 \text{ kcal.mol}^{-1}$  não corresponde ao  $\Delta H^\circ_f$ , pois o reagente CO não é uma substância simples (tendo  $H \neq 0$ ).

## 2. A reação



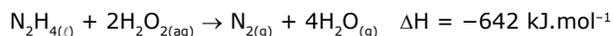
é de síntese de ozônio, porém o valor  $+34 \text{ kcal.mol}^{-1}$  não corresponde ao  $\Delta H^\circ_f$ , pois foram formados 2 mol de ozônio. Para resolver esse problema, basta dividir a equação dada por dois e obtemos:



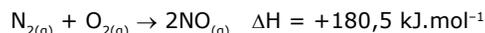
3. Experimentalmente, o que podemos medir é a variação de entalpia e, para tal, precisamos definir que algumas substâncias apresentam entalpia igual a zero. Contudo, essas substâncias apresentam calor de formação igual a zero e conteúdo energético diferente de zero. Estas possuem energia interna (energia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

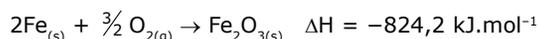
Em alguns sistemas propelentes de foguetes, utiliza-se a combustão da hidrazina como fonte de energia. Nessa reação, o peróxido de hidrogênio é o comburente.



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:

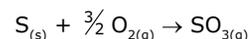


## Tipos de combustão

- Combustão completa

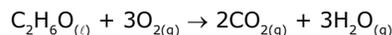
É toda combustão em que pelo menos um dos elementos formadores do combustível é oxidado até atingir o seu NOx máximo, ou seja, os átomos desses elementos foram oxidados ao máximo.

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.

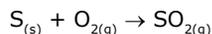
## Os reagentes de uma combustão

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:

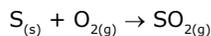


o  $\text{S}_{(s)}$  é o combustível, pois o NOx do enxofre varia de zero para +4.

- Comburente

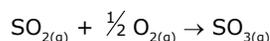
É a substância que contém o elemento que sofre redução (diminuição do NOx), o agente oxidante.

No processo:

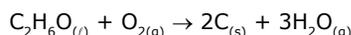
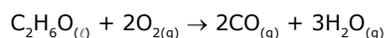


o  $\text{O}_{2(g)}$  é o comburente, pois o NOx do oxigênio varia de zero para -2.

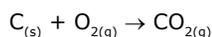
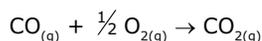
Nesse processo, o elemento enxofre apresenta variação de NOx de zero para +4. O dióxido de enxofre é uma substância que pode sofrer uma nova combustão, pois o enxofre ainda não atingiu o seu estado máximo de oxidação.



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  $\text{CO}_{(g)}$  e  $\text{C}_{(s)}$  ainda são combustíveis e podem participar de uma nova combustão.



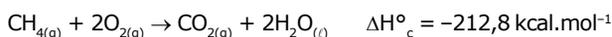
### Diferença entre os $\Delta H$ s de combustão

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 ( $\text{O}_2$ ) só realizará uma combustão completa se os produtos forem  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ .
- 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  $\Delta H$  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.

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

### Pressão

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

### Quantidade de reagentes e produtos

O  $\Delta H$  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  $\Delta H$  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  $\Delta H$  de uma reação em meio a um solvente, estamos medindo também o calor liberado ou absorvido no processo de dissolução.

#### Exemplo:



É o  $\Delta H$  obtido em meio aquoso que contém o calor de dissolução.



É o  $\Delta H$  obtido sem a presença do solvente.

#### OBSERVAÇÃO

A diferença  $80,2 - 44,2 = 36 \text{ kcal}$  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

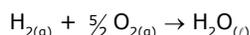


Há uma dificuldade em medir, experimentalmente, com precisão o calor de reação de um número muito grande de reações químicas. Daí surge a necessidade de se calcular o  $\Delta H$ , teoricamente, a partir de um número pequeno de informações experimentais.

### Cálculo do $\Delta H$ 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  $\Delta H_f^\circ$  da água da seguinte maneira:

$$\Delta H_f^\circ (H_2O) = H_p - H_r$$

$$\Delta H_f^\circ (H_2O) = H(H_2O) - 0$$

$$\Delta H_f^\circ (H_2O) = H(H_2O)$$

Assim, verificamos que o calor de formação é igual ao valor da entalpia da substância a ser formada. Como os valores de  $\Delta H_f^\circ$  de muitas substâncias são tabelados, podemos calcular o  $\Delta H^\circ$  de diversas reações utilizando o calor de formação pela expressão:

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

## EXERCÍCIO RESOLVIDO

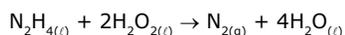
**01.** Dados os calores de formação, no estado padrão,

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

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

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

calcular o  $\Delta H$  para a seguinte reação:



#### Resolução:

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

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

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

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

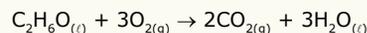


**01.** (UEG-GO-2020) O álcool etílico combustível, mais popularmente conhecido como etanol, é uma fonte de energia limpa e renovável, proveniente de várias matérias-primas como beterraba, milho e cana-de-açúcar, sendo esta última o insumo agrícola mais utilizado na produção de etanol no Brasil.

Ao contrário dos combustíveis fósseis, o etanol é uma fonte de energia natural e limpa, pois sua composição não contém poluentes que sejam prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. Desde o momento em que brota no campo, a cana-de-açúcar passa a absorver parte do gás carbônico utilizado na produção e no consumo do etanol.

A crescente fabricação brasileira de carros flex (movidos a gasolina e etanol), iniciada em 2003, foi o que permitiu o avanço da utilização do etanol no Brasil. Atualmente, 97,7% dos carros produzidos no país podem ser abastecidos com etanol ou gasolina, puros ou misturados em qualquer proporção.

A equação química que representa o processo de combustão do etanol encontra-se mostrada a seguir:



Sabendo-se que a entalpia de formação da  $H_2O_{(l)}$  é  $-286 \text{ kJ/mol}$ , que a do  $CO_{2(g)}$  é  $-393,5 \text{ kJ/mol}$  e que a do  $C_2H_6O_{(l)}$  é  $-277,6 \text{ kJ/mol}$ , verifica-se que a energia liberada na combustão de 1,0 mol de etanol é

- A)  $-1\ 367,4 \text{ kJ/mol}$ .                      D)  $-348,6 \text{ kJ/mol}$ .  
 B)  $-401,9 \text{ kJ/mol}$ .                      E)  $+1\ 367,4 \text{ kJ/mol}$ .  
 C)  $+401,9 \text{ kJ/mol}$ .

#### 02. LOKO



(UECE) 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  $57,0 \text{ kcal/mol}$ . Sabendo-se que a entalpia do produto dióxido de carbono é  $-94,0 \text{ kcal}$ , pode-se afirmar corretamente que a entalpia de formação do monóxido de carbono é

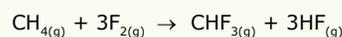
- A)  $-37,0 \text{ kcal/mol}$ .                      C)  $+37,0 \text{ kcal/mol}$ .  
 B)  $-151,0 \text{ kcal/mol}$ .                      D)  $+151,0 \text{ kcal/mol}$ .

#### 03. H5WW



(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 floração do gás metano, de acordo com a reação:



## Dados:

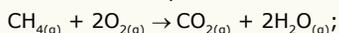
Substância	$\Delta H^\circ_f$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )
CHF <sub>3(g)</sub>	-1 437
CH <sub>4(g)</sub>	-75
HF <sub>(g)</sub>	-271

A entalpia-padrão da reação de fluoracção do gás metano, em kJ.mol<sup>-1</sup>, é igual a

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

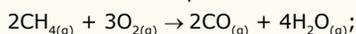
04. (PUC-Campinas-SP) Considere as seguintes reações de combustão do metano:

Combustão completa:



$$\Delta H = -891 \text{ kJ/mol de CH}_4(\text{g})$$

Combustão incompleta:



$$\Delta H = -520 \text{ kJ/mol de CH}_4(\text{g})$$

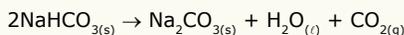
Para obter a mesma quantidade de energia da combustão completa de 1,0 mol de CH<sub>4(g)</sub>, é necessário consumir uma quantidade desse gás, em mol, por combustão incompleta, de, aproximadamente,

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

05. (Mackenzie-SP) O cicloexano (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>) 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 kJ.mol<sup>-1</sup>. Sabendo-se que as entalpias-padrão de formação da água líquida e do dióxido de carbono gasoso são, respectivamente, -286 kJ.mol<sup>-1</sup> e -394 kJ.mol<sup>-1</sup>, pode-se afirmar que a entalpia-padrão de combustão do cicloexano é de

- A) -524 kJ.mol<sup>-1</sup>.                      D) -4 236 kJ.mol<sup>-1</sup>.  
B) -836 kJ.mol<sup>-1</sup>.                      E) -6 000 kJ.mol<sup>-1</sup>.  
C) -3 924 kJ.mol<sup>-1</sup>.

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	$\Delta H^\circ_f$ (kJ.mol <sup>-1</sup> )
NaHCO <sub>3(s)</sub>	-947,0
Na <sub>2</sub> CO <sub>3(s)</sub>	-1 130,0
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-286,0
CO <sub>2(g)</sub>	-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 kcal/mol e a de formação do vapor de água é de -57,8 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, C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11(s)</sub>, é -5 635 kJ.mol<sup>-1</sup> a 25 °C e 1 atm, sendo CO<sub>2(g)</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub> os únicos produtos da reação. Utilizando esses dados e sabendo que  $\Delta H^\circ_f(\text{CO}_2(\text{g})) = -394 \text{ kJ.mol}^{-1}$  e  $\Delta H^\circ_f(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -286 \text{ kJ.mol}^{-1}$ , 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. (UEG-GO-2020) A glicose, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, é uma fonte primária de energia para a maioria dos organismos vivos, e é encontrada em frutas e em outras partes de plantas. Dadas as entalpias padrão de formação, determine a entalpia padrão de combustão da glicose.

$$\Delta H^\circ_f[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{s})] = -1 273,3 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f[\text{O}_2(\text{g})] = 0,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f[\text{CO}_2(\text{g})] = -393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_f[\text{H}_2\text{O}(\text{l})] = -285,8 \text{ kJ/mol}$$

02. (ACAFE-SC) 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: C<sub>6</sub>H<sub>6(l)</sub>: 49,0 kJ/mol; CO<sub>2(g)</sub>: -393,5 kJ/mol; H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub>: -285,8 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

**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<sub>2</sub>, 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 <sub>2</sub>	-33
CO <sub>2</sub>	-396
H <sub>2</sub> O	-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 CO<sub>2(g)</sub> 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) Fe<sub>(s)</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3(s)</sub> → 3FeO<sub>(s)</sub>
- B) Fe<sub>(s)</sub> + 1/2 O<sub>2(g)</sub> → FeO<sub>(s)</sub>
- C) Fe<sub>(s)</sub> + CO<sub>2(g)</sub> → FeO<sub>(s)</sub> + C<sub>(graf.)</sub> + 1/2 O<sub>2(g)</sub>
- D) Fe<sub>(s)</sub> + CO<sub>(g)</sub> → FeO<sub>(s)</sub> + C<sub>(graf.)</sub>

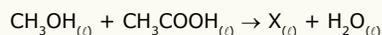
**06.** (UECE-2020) A partir da reação de carbono com oxigênio, foram produzidos 8,96 L de dióxido de carbono e envolvidas 37,6 kcal. Baseado nessas informações, assinale a afirmação verdadeira.

- A) A reação é endotérmica.
- B) São exigidas 23,5 kcal para formar 11 g de CO<sub>2(g)</sub>.
- C) A soma das entalpias dos produtos é maior que a soma das entalpias dos reagentes.
- D) São exigidas 94 kcal para decompor CO<sub>2</sub> em seus elementos.

**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<sup>-1</sup> 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<sub>f</sub><sup>o</sup>) das substâncias participantes da reação.



Substância	ΔH <sub>f</sub> <sup>o</sup> (kJ.mol <sup>-1</sup> )
CH <sub>3</sub> OH <sub>(l)</sub>	-239
CH <sub>3</sub> COOH <sub>(l)</sub>	-484
X <sub>(l)</sub>	-442
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-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

**10.** (UEPG-PR) Com base nas reações de combustão (não balanceadas) dos combustíveis listados a seguir, assinale o que for correto.

**Dados:** H = 1 g/mol; C = 12 g/mol; O = 16 g/mol.

Reação	ΔH <sub>c</sub> <sup>o</sup> (kJ/mol)
CH <sub>4(g)</sub> + O <sub>2(g)</sub> → CO <sub>2(g)</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-890
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(l)</sub> + O <sub>2(g)</sub> → CO <sub>2(g)</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-1 370
CH <sub>3</sub> OH <sub>(l)</sub> + O <sub>2(g)</sub> → CO <sub>2(g)</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-726
H <sub>2(g)</sub> + O <sub>2(g)</sub> → H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-286

01. O gás hidrogênio ( $H_2$ ) é o combustível relacionado que libera mais energia por grama.
02. A reação que consome mais gás oxigênio ( $O_2$ ) é a combustão do etanol ( $C_2H_5OH$ ).
04. As reações de combustão apresentadas são reações endotérmicas.
08. O metano ( $CH_4$ ) libera mais energia por grama que o metanol ( $CH_3OH$ ).
- Soma ( )

### 11. (UEFS-BA)

Substância química	Entalpia-padrão de combustão, $\Delta H^\circ_c$ , $\text{kJ mol}^{-1}$ , 25 °C*
Metano, $CH_{4(g)}$	-891
Butano, $C_4H_{10(g)}$	-2 878
Etanol, $C_2H_6O_{(l)}$	-1 367

\*Valores aproximados das entalpias-padrão de combustão de algumas substância orgânicas.

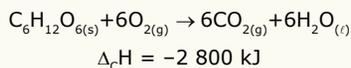
O valor da entalpia-padrão de combustão é medido com uma bomba calorimétrica e serve para avaliar a quantidade de calor envolvida na combustão de substâncias orgânicas, a exemplo das apresentadas na tabela, utilizadas como fonte de energia. Um dos problemas ocasionados pelo uso dessas substâncias químicas, como combustível, é a produção do dióxido de carbono,  $CO_{2(g)}$ , um gás que contribui para o aumento do efeito estufa.

Com base na análise dessas informações, associadas aos conhecimentos sobre termoquímica, é correto afirmar:

- A) A combustão de hidrocarbonetos é um processo endotérmico.
- B) O poder calorífico, em  $\text{kJ.g}^{-1}$ , do metano é maior do que o do butano.
- C) A energia liberada na combustão de 2,0 mol de metano é menor do que a envolvida na combustão de 46,0 g de etanol.
- D) O valor da entalpia de combustão independe do estado físico das substâncias químicas envolvidas na reação química.
- E) A reação de  $3,0 \cdot 10^{23}$  moléculas de gás butano, com oxigênio suficiente, libera para a atmosfera 89,6 L de dióxido de carbono, medidos nas CNTP.

## SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2018) Por meio de reações químicas que envolvem carboidratos, lipídeos e proteínas, nossas células obtêm energia e produzem gás carbônico e água. A oxidação da glicose no organismo humano libera energia, conforme ilustra a equação química, sendo que aproximadamente 40% dela é disponibilizada para atividade muscular.



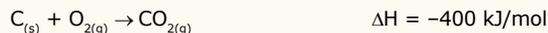
Considere as massas molares ( $\text{g.mol}^{-1}$ ):  $H = 1$ ;  $C = 12$ ;  $O = 16$ .

LIMA, L. M.; FRAGA, C. A. M.; BARREIRO, E. J. *Química na saúde*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010 (Adaptação).

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

- A) 6,2. C) 70,0. E) 1 120,0.  
B) 15,6. D) 622,2.

02. (Enem) O urânio é um elemento cujos átomos contêm 92 prótons, 92 elétrons e entre 135 e 148 nêutrons. O isótopo de urânio  $^{235}\text{U}$  é utilizado como combustível em usinas nucleares, onde, ao ser bombardeado por nêutrons, sofre fissão de seu núcleo e libera uma grande quantidade de energia ( $2,35 \cdot 10^{10} \text{ kJ/mol}$ ). O isótopo  $^{235}\text{U}$  ocorre naturalmente em minérios de urânio, com concentração de apenas 0,7%. Para ser utilizado na geração de energia nuclear, o minério é submetido a um processo de enriquecimento, visando aumentar a concentração do isótopo  $^{235}\text{U}$  para, aproximadamente, 3% nas pastilhas. Em décadas anteriores, houve um movimento mundial para aumentar a geração de energia nuclear buscando substituir, parcialmente, a geração de energia elétrica a partir da queima do carvão, o que diminui a emissão atmosférica de  $CO_2$  (gás com massa molar igual a 44 g/mol). A queima do carvão é representada pela equação química:



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

- A) 2,10 C) 9,00 E) 300  
B) 7,70 D) 33,0

03. (Enem) A escolha de uma determinada substância para ser utilizada como combustível passa pela análise da poluição que ela causa ao ambiente e pela quantidade de energia liberada em sua combustão completa. O quadro apresenta a entalpia de combustão de algumas substâncias. As massas molares dos elementos H, C e O são, respectivamente, iguais a 1 g/mol, 12 g/mol e 16 g/mol.

Substância	Fórmula	Entalpia de combustão ( $\text{kJ/mol}$ )
Acetileno	$C_2H_2$	-1 298
Etano	$C_2H_6$	-1 558
Etanol	$C_2H_5OH$	-1 366
Hidrogênio	$H_2$	-242
Metanol	$CH_3OH$	-558

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 ( $\Delta H_c^\circ$ ), 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  $\Delta H_c^\circ$ .

Substância	Fórmula	$\Delta H_c^\circ$ (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.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. A                       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.  $\Delta H^\circ = -2 802,5 \text{ kJ/mol}$   
 02. B  
 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. D  
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 $\Delta H$ 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  $\Delta H$  de uma reação pela expressão:

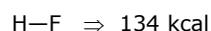
$$\Delta H = \sum \Delta H_{\text{ligações rompidas nos reagentes}} + \sum \Delta H_{\text{ligações formadas nos produtos}}$$

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.

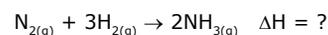


Logo, a ligação H—F é mais estável, “mais forte”, do que a ligação H—H, pois é necessária uma maior quantidade de energia para rompê-la.

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

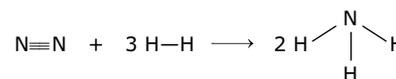
### EXERCÍCIO RESOLVIDO

01. Calcular o  $\Delta H$  da reação de síntese da amônia a partir das energias de ligação:



#### Resolução:

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



Então:

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

$$\Delta H = (225,8 + 3 \cdot 104,2) + [2 \cdot 3 \cdot (-93,4)]$$

$$\Delta H = 538,4 - 560,4$$

$$\Delta H = -22 \text{ kcal}$$

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.

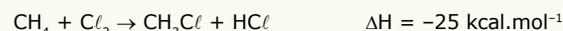
### LEI DE HESS

Segundo a Lei de Hess, a variação de entalpia ( $\Delta H$ ) 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.



03.  
460U

(UFRGS-RS) A reação de cloração do metano, em presença de luz, é mostrada a seguir:



Considere os dados de energia das ligações seguintes:

$$\text{C-H} = 105 \text{ kcal.mol}^{-1}$$

$$\text{Cl-Cl} = 58 \text{ kcal.mol}^{-1}$$

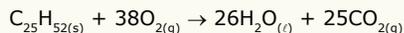
$$\text{H-Cl} = 103 \text{ kcal.mol}^{-1}$$

A energia da ligação C-Cl, no composto  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , é

- A) 33 kcal.mol<sup>-1</sup>.  
B) 56 kcal.mol<sup>-1</sup>.  
C) 60 kcal.mol<sup>-1</sup>.  
D) 80 kcal.mol<sup>-1</sup>.  
E) 85 kcal.mol<sup>-1</sup>.

04.  
QNCP

(UFJF-MG) A parafina é um hidrocarboneto ( $\text{C}_{25}\text{H}_{52}$ , massa molar = 352 g.mol<sup>-1</sup>) derivado do petróleo que compõe as velas. A sua reação de combustão está representada a seguir:



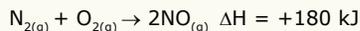
Considerando os dados de energia de ligação apresentados a seguir, calcule a energia liberada, em kJ, na combustão completa de uma vela de 35,2 g.

**Dados:** Energias de ligação ( $\Delta H_f/\text{kJ.mol}^{-1}$ ):

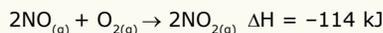
Ligação	C-H	C-C	O=O	C=O	O-H
$\Delta H_f/\text{kJ.mol}^{-1}$	412	348	496	743	463

- A) -1 260  
B) -12 600  
C) -61 226  
D) 48 624  
E) 50

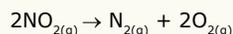
05. (FUVEST-SP) O monóxido de nitrogênio (NO) pode ser produzido diretamente a partir de dois gases que são os principais constituintes do ar atmosférico, por meio da reação representada por:



O NO pode ser oxidado, formando o dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), um poluente atmosférico produzido nos motores a explosão:



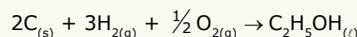
Tal poluente pode ser decomposto nos gases  $\text{N}_2$  e  $\text{O}_2$ :



Essa última transformação

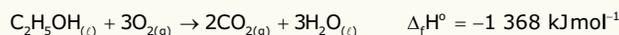
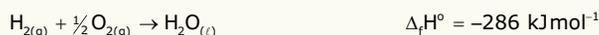
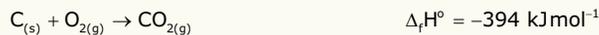
- A) libera quantidade de energia maior do que 114 kJ.  
B) libera quantidade de energia menor do que 114 kJ.  
C) absorve quantidade de energia maior do que 114 kJ.  
D) absorve quantidade de energia menor do que 114 kJ.  
E) ocorre sem que haja liberação ou absorção de energia.

06. (UFRGS-RS-2020) A reação de formação do etanol é definida a seguir:



Embora essa reação, tal como está escrita, não possa ser realizada em laboratório, pode-se calcular seu efeito térmico, mediante uma combinação adequada de outras reações.

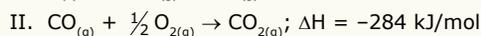
Usando as reações seguintes



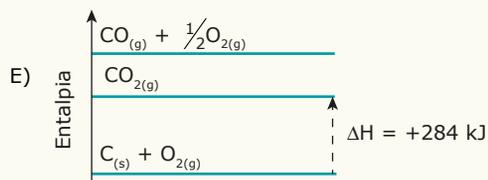
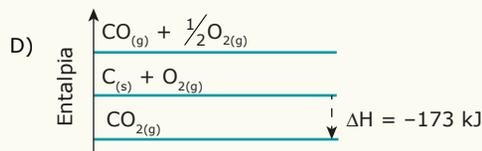
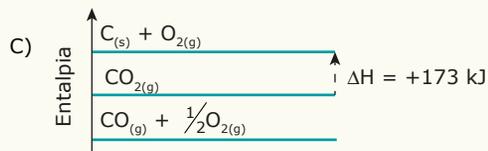
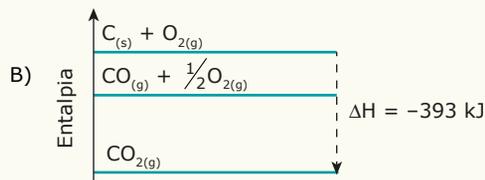
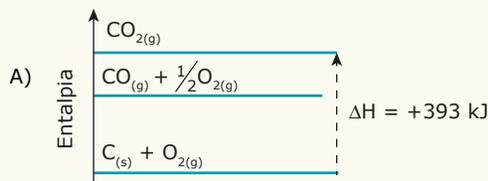
a entalpia da reação de formação do etanol, em kJ mol<sup>-1</sup>, é

- A) -2 048.  
B) -1 368.  
C) -278.  
D) +394.  
E) +2 048.

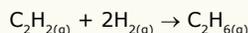
07. (Unifor-CE) Considere os seguintes dados:



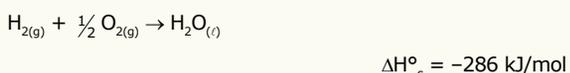
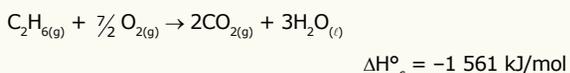
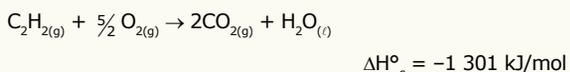
O  $\Delta H$  da reação  $\text{C}_{(\text{s})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})}$  está corretamente representado em:



**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:



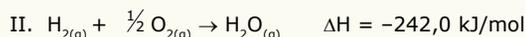
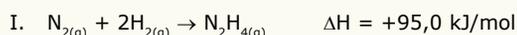
É possível determinar a variação da entalpia para esse processo, a partir de dados de outras equações termoquímicas, por meio da aplicação da Lei de Hess.



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.

**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:



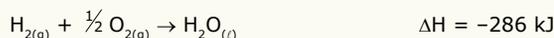
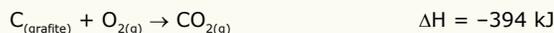
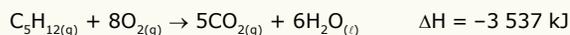
A variação da entalpia e a classificação para o processo de combustão da hidrazina, nas condições de temperatura e pressão das equações termoquímicas fornecidas são, de acordo com a equação  $N_2H_{4(g)} + O_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$ , respectivamente,

- 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.

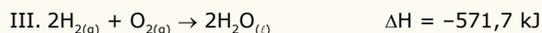
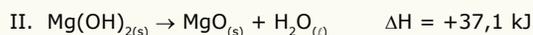
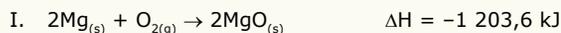
**03.** (Unesp) O pentano,  $C_5H_{12}$ , é um dos constituintes do combustível utilizado em motores de combustão interna. Sua síntese, a partir do carbono grafite, é dada pela equação:



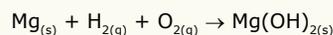
Determine a entalpia ( $\Delta H$ ) da reação de síntese do pentano a partir das seguintes informações:



**04.** (UEPA) 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



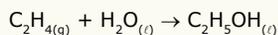
é:

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

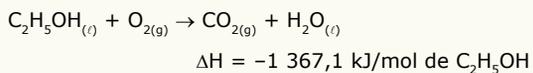
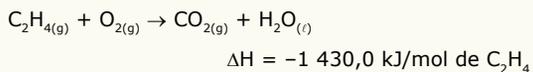
## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**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:



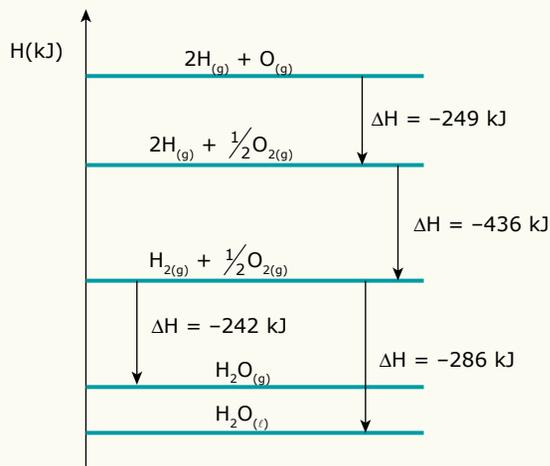
A) Calcule a variação de entalpia dessa reação a partir das seguintes equações termoquímicas não balanceadas:



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



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



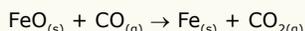
Em um caderno foram encontradas algumas afirmações a respeito desse diagrama.

- 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

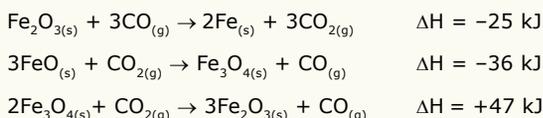
- A) I e II.
- B) I e III.
- C) II e III.
- D) I e IV.
- E) II, III e IV.

**10.** (Unifor-CE) 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:



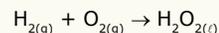
Sendo desconhecida a variação total da entalpia neste processo.

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

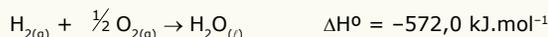
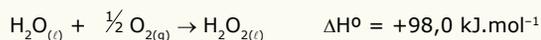


- A) -17 kJ.
- B) +14 kJ.
- C) -100 kJ.
- D) -36 kJ.
- E) +50 kJ.

**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:



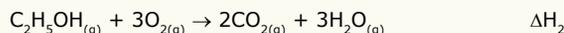
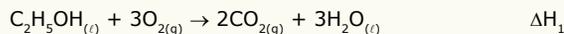
Considere os valores de entalpias fornecidos para as seguintes reações:



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

- A) -474 kJ·mol<sup>-1</sup>
- B) -376 kJ·mol<sup>-1</sup>
- C) -188 kJ·mol<sup>-1</sup>
- D) +188 kJ·mol<sup>-1</sup>

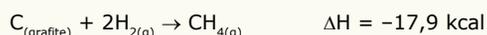
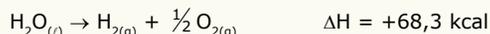
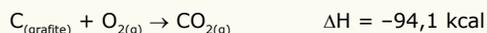
**12.** (FUVEST-SP) Pode-se calcular a entalpia molar de vaporização do etanol a partir das entalpias das reações de combustão representadas por:



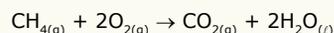
Para isso, basta que se conheça, também, a entalpia molar de

- 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) 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:



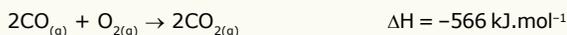
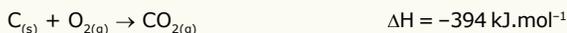
Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, o valor do calor de combustão ( $\Delta H$ ) do metano ( $CH_4$ ) na equação a seguir:



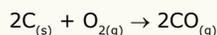
- A) -212,8 kcal
- B) -144,5 kcal
- C) -43,7 kcal
- D) +144,5 kcal
- E) +212,8 kcal

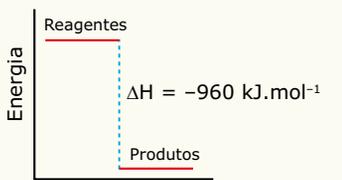
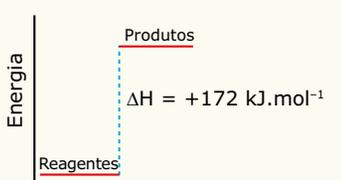
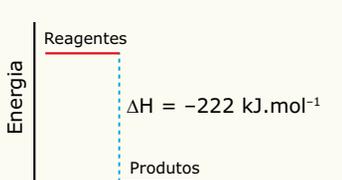
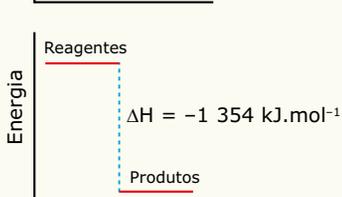
14.  
I8SG

(UFVJM-MG) Considere estas equações termoquímicas:

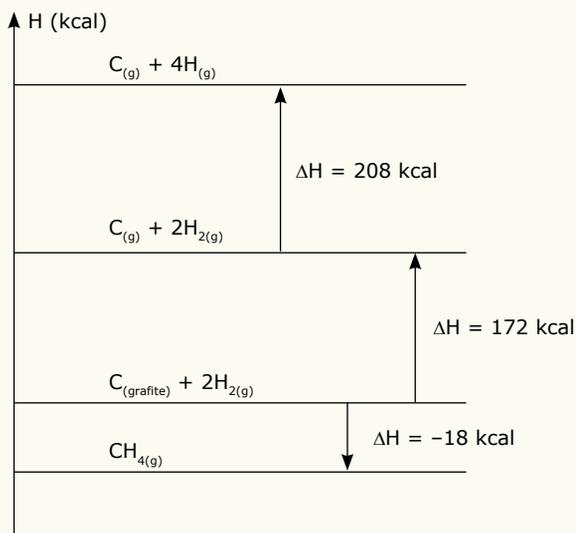


Com base nessas equações, assinale a alternativa que apresenta o correto diagrama de energia para a reação representada pela equação



- A) 
- B) 
- C) 
- D) 

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.

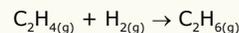
16.  
A7E0

(UEFS-BA)



Ligação química	Valor médio de entalpia de ligação (kJmol <sup>-1</sup> )
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.

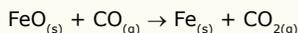
Considerando-se as informações do texto e da tabela e que o valor da entalpia-padrão de formação do etano,  $\Delta H_f^\circ$  é  $-84 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ , é correto concluir:

- 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.

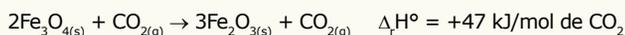
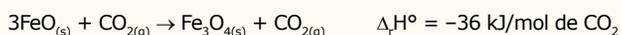
## SEÇÃO ENEM



**01.** (Enem-2017) O ferro é encontrado na natureza na forma de seus minérios, tais como a hematita ( $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), a magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e a wustita ( $\text{FeO}$ ). 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:

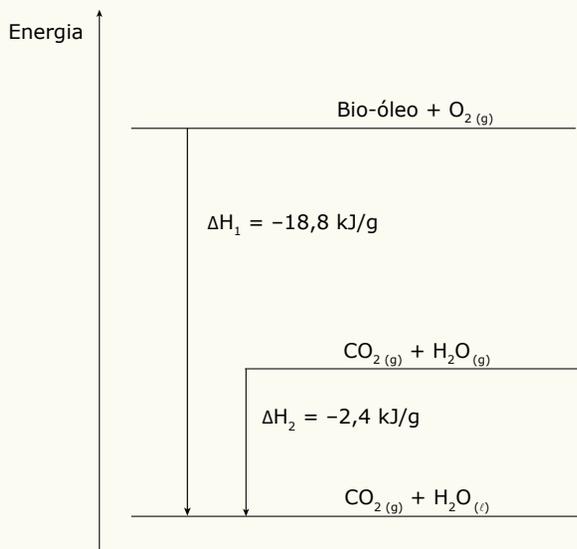


O valor mais próximo de  $\Delta_r H^\circ$  em kJ/mol de FeO, para a reação indicada do FeO (sólido) com o CO (gasoso) é:

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

B) -17                      D) -64

**02.** (Enem) 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  $\Delta H_1$ , a variação de entalpia devido à queima de 1 g desse bio-óleo, resultando em gás carbônico e água líquida, e  $\Delta H_2$  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  $\text{CO}_2$  (gasoso) e  $\text{H}_2\text{O}$  (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)  $\Delta H = -62,9 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
  - 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. C
- 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.

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)
Sólida	Sólido	Sólido	Soro glicosado
		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.

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

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

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.

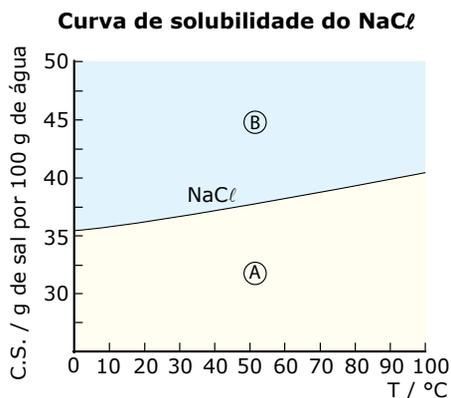
**Coefficiente de solubilidade (C.S.)** ⇒ É a quantidade máxima de soluto que uma quantidade padrão de solvente consegue dissolver a uma dada temperatura.

**Exemplo:**

39,8 g de NaCl/100 g de H<sub>2</sub>O (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 <sub>2</sub> 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

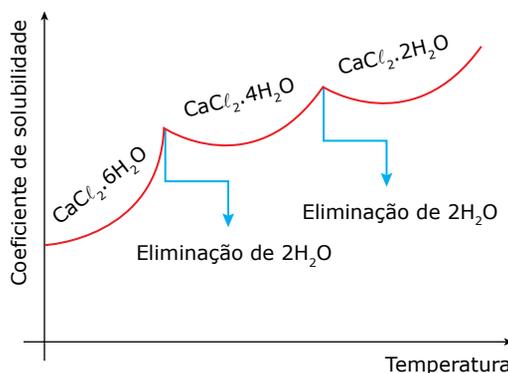
O aumento de temperatura provoca um aumento na massa de NaCl dissolvida em 100 g de H<sub>2</sub>O.

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 interagiu com os íons do soluto.

O CaCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O possui, em sua rede cristalina, 6 mol de moléculas de água de hidratação para cada mol de CaCl<sub>2</sub>. O aquecimento de uma solução aquosa de CaCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 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.

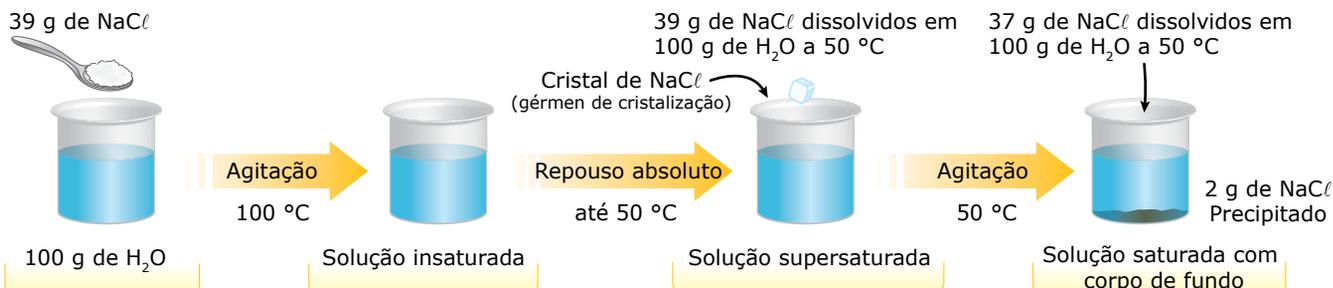
### Solução supersaturada

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.

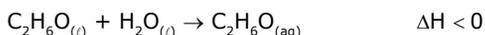
**Exemplo:**

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 (CCl<sub>4</sub>).

Contudo, essa regra possui muitas exceções:

- alguns sais são insolúveis em água, como o PbSO<sub>4</sub>;
- os gases atmosféricos apolares CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub>	3,32	542
CaSO <sub>4</sub>	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) CaSO<sub>4</sub>.
- C) NaCl.
- D) MgCl<sub>2</sub>.

**02.** (FUVEST-SP) Quatro tubos contêm 20 mL (mililitros) de água cada um. Coloca-se, nesses tubos, dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) nas seguintes quantidades:

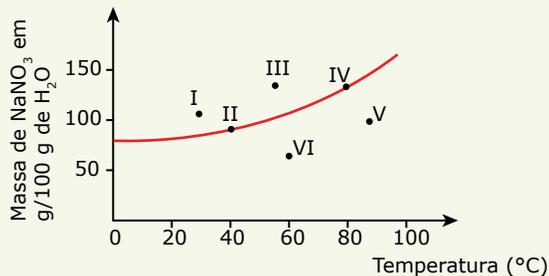


Tubo	Massa de K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> / g
Tubo A	1,0
Tubo B	3,0
Tubo C	5,0
Tubo D	7,0

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, NaNO<sub>3</sub>, numeradas de I a VI, foram preparadas, em diferentes temperaturas, dissolvendo-se diferentes massas de NaNO<sub>3</sub> em 100 g de água. Em alguns casos, o NaNO<sub>3</sub> não se dissolveu completamente. Este gráfico representa a curva de solubilidade de NaNO<sub>3</sub>, 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.

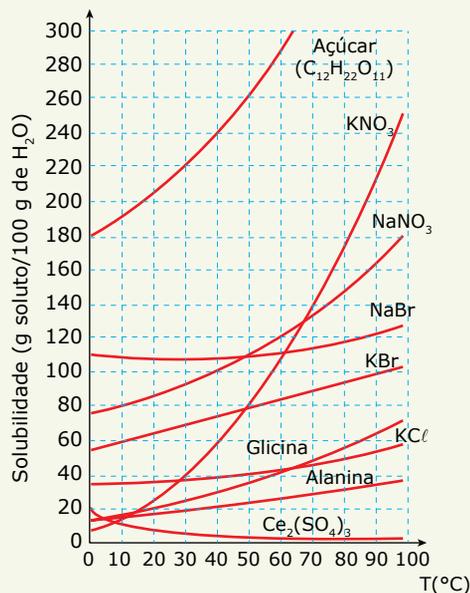
**04.** (Unemat-MT) O coeficiente de solubilidade pode ser definido como sendo a quantidade máxima de um soluto capaz de ser dissolvida por uma determinada quantidade de solvente, sob determinadas condições de temperatura e pressão.



Sabendo-se, então, que o coeficiente de solubilidade do K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 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 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em 600 mL de água à T = 20 °C?

- A) Um sistema heterogêneo, com 48 gramas de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> como precipitado (corpo de fundo).
- B) Um sistema homogêneo, com 48 gramas de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 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 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> foram completamente dissolvidas.

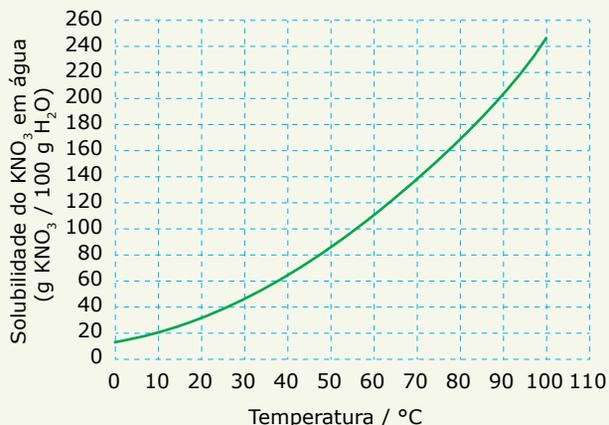
**05.** (UFES) Observe o gráfico de solubilidade a seguir:



Com base nas informações contidas no gráfico, é correto afirmar que

- A) a solubilidade dos sais de haletos diminui com a temperatura.
- B) a massa de açúcar dissolvida a 50 °C em 50 g de água é 260 g.
- C) a solubilidade dos compostos orgânicos a 20 °C é maior que a solubilidade do  $KCl$ , à mesma temperatura.
- D) a solubilidade dos sais sempre aumenta com o aumento da temperatura.
- E) o sal mais solúvel a 30° C é o NaBr.

**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 ( $O_2$ ).

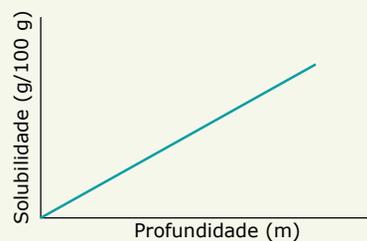
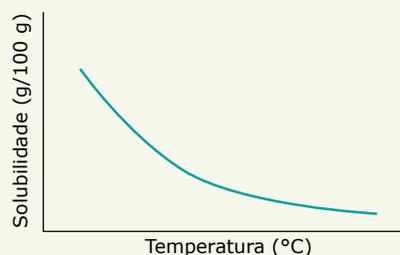
A maior concentração de  $O_2$  na superfície, nos períodos mais frios, explica-se pelo fato de a

- 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.**  
56XA



(UERJ) 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.** (PUC Minas–2019) As soluções podem ser classificadas como insaturadas, saturadas ou supersaturadas. Quando um determinado composto tem sua solubilidade máxima atingida em um solvente em uma determinada temperatura, entende-se que a solução é saturada. Acima da quantidade máxima solúvel a uma temperatura específica, é supersaturada, e, quando abaixo, é insaturada.

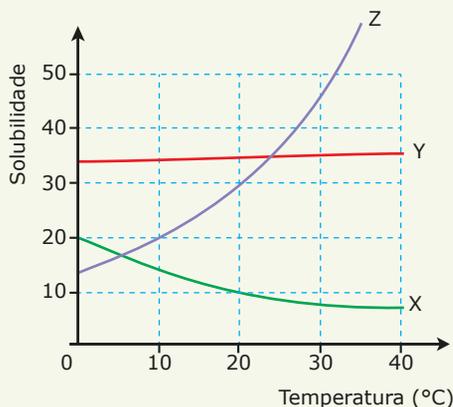
Em um laboratório de Química, um professor lançou um desafio, mostrando uma solução sem corpo de fundo aos estudantes. Em seguida, o professor adicionou 1 g do soluto na solução. Observou-se formação de corpo de fundo. Ao filtrar a solução e medir a massa do corpo de fundo seco, observou-se uma massa de 1,5 g do soluto.

Diante disso, é correto afirmar que a solução era

- A) insaturada, pois não havia corpo de fundo inicialmente.
- B) saturada, pois, ao adicionar mais soluto, gerou corpo de fundo.
- C) supersaturada, pois houve precipitação de soluto.
- D) saturada, pois o soluto adicionado não solubilizou.

**02.** (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.

**03.**  
YMJM



(FGV-SP) O nitrito de sódio,  $\text{NaNO}_2$ , 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 $\text{NaNO}_2$ em 100 g de $\text{H}_2\text{O}$	84 g	104 g

Em um refrigerador, preparou-se uma solução saturada de  $\text{NaNO}_2$  em um tanque contendo 0,5 m<sup>3</sup> de água a 50 °C. Em seguida, a solução foi resfriada para 20 °C e mantida nessa temperatura. A massa de  $\text{NaNO}_2$ , em kg, cristalizada após o resfriamento da solução, é

**Considere:** Densidade da água = 1 g/mL.

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

**04.**  
2MMS



(UEA-AM) O iodato de potássio,  $\text{KIO}_3$ , 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 $\text{KIO}_3$ /100 g de $\text{H}_2\text{O}$ )	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  $\text{KIO}_3$  cristalizada com esse resfriamento foi, em g, igual a

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

**05.** (PUC Minas) 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 ( $\text{NaCl}$ ) forma solução homogênea com a água, em que é possível solubilizar, a 20 °C, 36 g de  $\text{NaCl}$  em 100 g de água. De posse dessas informações, uma solução em que 545 g de  $\text{NaCl}$  estão dissolvidos em 1,5 L de água a 20 °C, sem corpo de fundo, é

- A) insaturada.
- B) concentrada.
- C) supersaturada.
- 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 <sub>2</sub> O
Brometo de sódio	NaBr	1,20 . 10 <sup>3</sup>
Carbonato de cálcio	CaCO <sub>3</sub>	1,30 . 10 <sup>-2</sup>
Cloreto de sódio	NaCl	3,60 . 10 <sup>2</sup>
Cloreto de magnésio	MgCl <sub>2</sub>	5,41 . 10 <sup>2</sup>
Sulfato de magnésio	MgSO <sub>4</sub>	3,60 . 10 <sup>2</sup>
Sulfato de cálcio	CaSO <sub>4</sub>	6,80 . 10 <sup>-1</sup>

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 CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> 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. E  
 06. B  
 07. A  
 08. A

## Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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

## Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

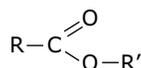
01. A  
 02. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

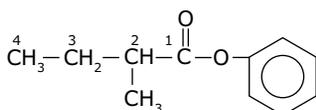
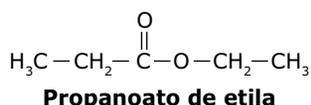
## Ésteres

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.



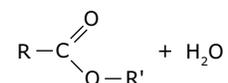
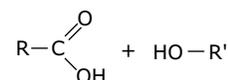
**2-metilbutanoato de fenila**

### REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

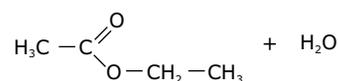
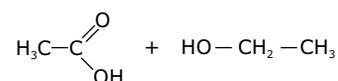
Um dos principais métodos de síntese de ésteres é a reação de esterificação direta ou esterificação de Fischer. Essa reação consiste em uma desidratação intermolecular entre uma molécula de ácido carboxílico e uma molécula de álcool, catalisada por ácidos inorgânicos fortes e concentrados, como  $\text{HCl}$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

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  $\text{CaO}$ , que ao reagir com a água produz  $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$ .

A equação genérica que representa a esterificação é a seguinte:



#### Exemplo:



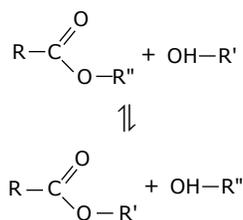
A reação de esterificação no sentido inverso é denominada hidrólise.

### 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.

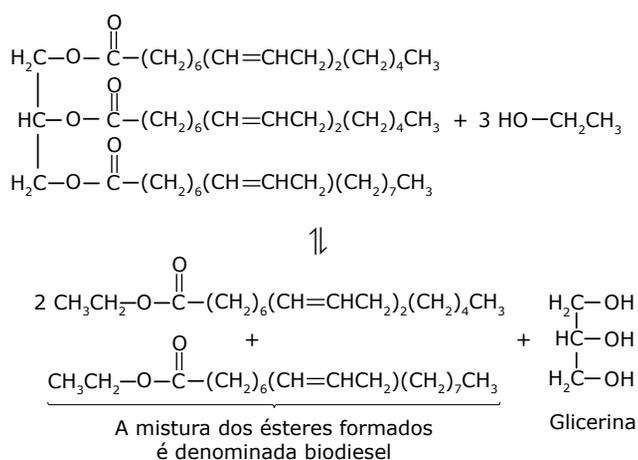
A reação de transesterificação consiste na reação entre um éster e um álcool catalisada por ácidos ou bases fortes, que origina um novo éster e um novo álcool.

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).

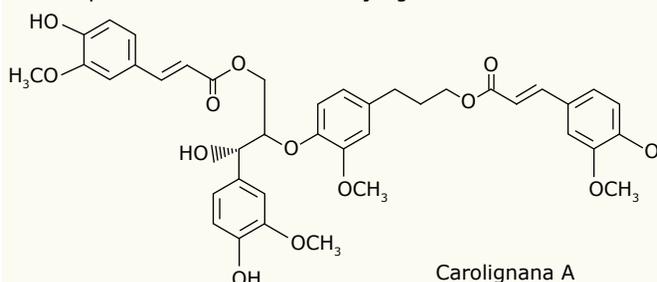
## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



01. (PUC Minas-2019) A reação química do ácido propanoico com o butanol resulta na formação de:

- A) Amida.
- B) Cetona.
- C) Aldeído.
- D) Éster.

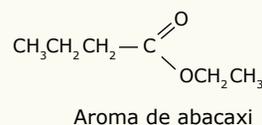
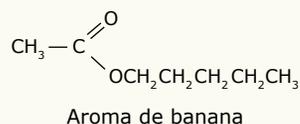
02. (UFV-MG) O composto denominado Carolignana A, cuja fórmula está representada a seguir, foi isolado no Departamento de Química da UFV a partir da planta *Ochroma lagopus*, popularmente conhecida como balsa, devido à baixa densidade de sua madeira, que é utilizada para o fabrico de caixões e jangadas.



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.

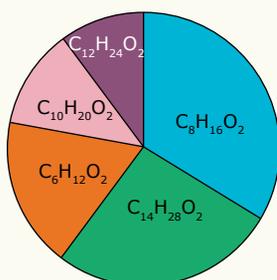


- A) Acetilpentanoato e etilbutanoato.
- B) Etanoato de pentila e butanoato de etila.
- C) Pentanoato de etila e etanoato de butila.
- D) Pentanoato de acetila e etanoato de butanoíla.
- E) Acetato de pentanoíla e butanoato de acetila.

04.  
JHWN

(UFPR) 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:

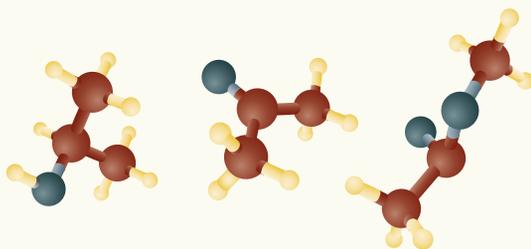
Composição de ésteres formados



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

- butanoico.
- octanoico.
- decanoico.
- dodecanoico.
- hexanoico.

05. (FUVEST-SP) As figuras a seguir representam moléculas constituídas de carbono, hidrogênio e oxigênio.

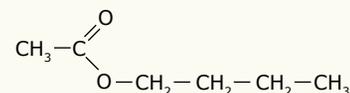


Elas são, respectivamente,

- etanoato de metila, propanona e 2-propanol.
- 2-propanol, propanona e etanoato de metila.
- 2-propanol, etanoato de metila e propanona.
- propanona, etanoato de metila e 2-propanol.
- 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:

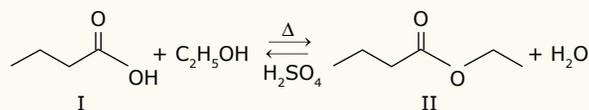


O etanoato de butila pode ser obtido pela reação entre

- etanal e ácido butanoico.
- etanona e cloreto de butila.
- ácido etanoico e butanal.
- ácido etanoico e butanol.

07.  
QU3D

(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

- etóxi-etano e butanoato de etila.
- ácido butanoico e butanoato de etila.
- ácido butanoico e pentanoato de etila.
- 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

- abacaxi.
- damasco.
- framboesa.
- maçã verde.
- pêssego.

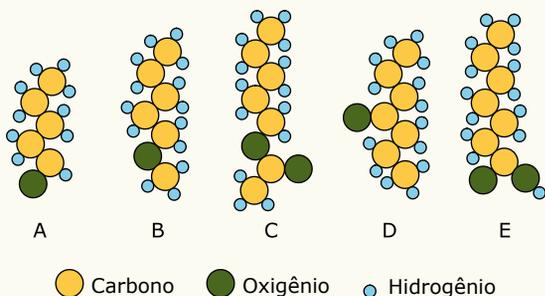
## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (UECE-2018) O ácido butanoico tem um odor dos mais desagradáveis: está presente na manteiga rançosa, no cheiro de suor e no chulé. No entanto, ao reagir com etanol, forma o agradável aroma de abacaxi. Assinale a opção que apresenta corretamente o composto responsável por esse aroma e a respectiva função orgânica a que pertence.

- A) Hexanamida – amida  
 B) Ácido 3-amino-hexanoico – aminoácido  
 C) Hexanal – aldeído  
 D) Butanoato de etila – éster

**02.** (Mackenzie-SP) Observe as representações a seguir:



As estruturas A, B, C, D e E, representadas anteriormente, correspondem a cinco compostos orgânicos oxigenados que pertencem, respectivamente, às funções orgânicas:

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

**03.** (UEG-GO) Os ésteres são compostos orgânicos com importantes aplicações industriais. São usados como essências de frutas e aromatizantes na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. Por exemplo, o hexanoato de etila é utilizado como essência de abacaxi.

A estrutura química que representa essa essência é:

- A)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COCH}_2\text{CH}_3$   
 B)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$   
 C)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CNHCH}_2\text{CH}_3$   
 D)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CCH}_2\text{CH}_3$   
 E)  $\text{CH}_3\overset{\text{O}}{\parallel}\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

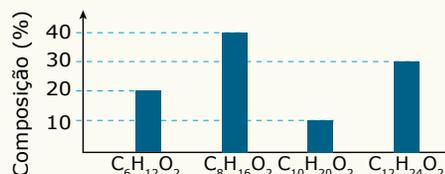
**04.**  
94TD



(UERJ) Na indústria de alimentos, a análise da composição dos ácidos carboxílicos não ramificados presentes na manteiga é composta de três etapas:

- reação química dos ácidos com etanol, formando uma mistura de ésteres;
- aquecimento gradual dessa mistura, para destilação fracionada dos ésteres;
- identificação de cada um dos ésteres vaporizados, em função do seu ponto de ebulição.

O gráfico a seguir indica o percentual de cada um dos ésteres formados na primeira etapa da análise de uma amostra de manteiga.



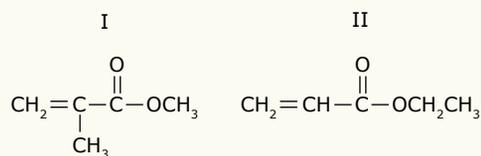
Na amostra analisada, está presente em maior quantidade o ácido carboxílico denominado

- A) octanoico.  
 B) decanoico.  
 C) hexanoico.  
 D) dodecanoico.

**05.**  
4BFB



(UFOP-MG) Considere os compostos I e II, cujas estruturas são mostradas a seguir:

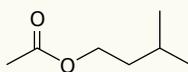


Em relação a esses compostos, é incorreto afirmar:

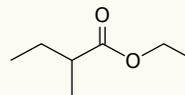
- A) São isômeros e pertencem à mesma família de compostos orgânicos.  
 B) Derivam do mesmo ácido carboxílico.  
 C) Sofrem hidrólise, formando ácido carboxílico e álcool.  
 D) Apresentam três átomos de carbono hibridizados  $\text{sp}^2$ .

06.  
OWGV

(UFV-MG) 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



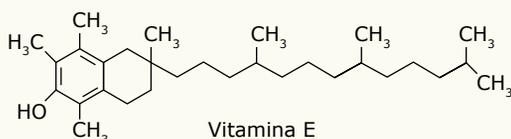
2-metilbutanoato de etila

Sobre as substâncias anteriores, assinale a afirmativa incorreta.

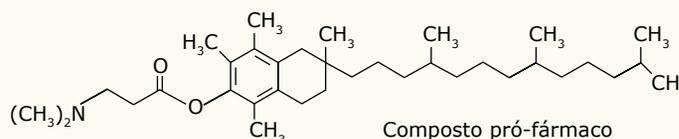
- A) A hidrólise de ésteres promovida por bases é conhecida como reação de saponificação.  
 B) A reação de esterificação existe em equilíbrio com a hidrólise de ésteres.  
 C) O ácido etanoico (ácido acético) é obtido como um dos produtos da hidrólise ácida do acetato de isoamila.  
 D) A hidrólise 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  $\alpha$ -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  $d$ - $\alpha$ -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.

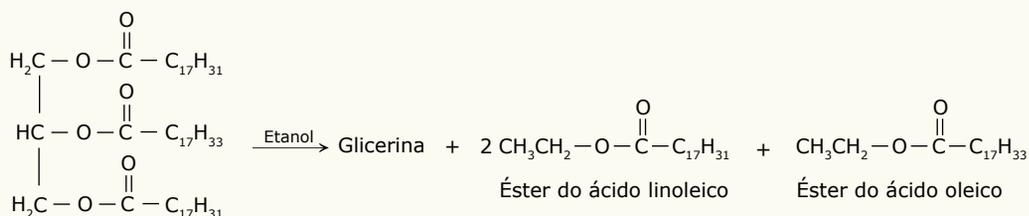
(UFU-MG) O cheiro característico de damasco deve-se principalmente ao butanoato de pentila. Esse composto pode ser sintetizado em laboratório, por meio da reação entre um ácido e um álcool. A esse respeito, escreva

- 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.  
V6JT

(UFMG) 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.

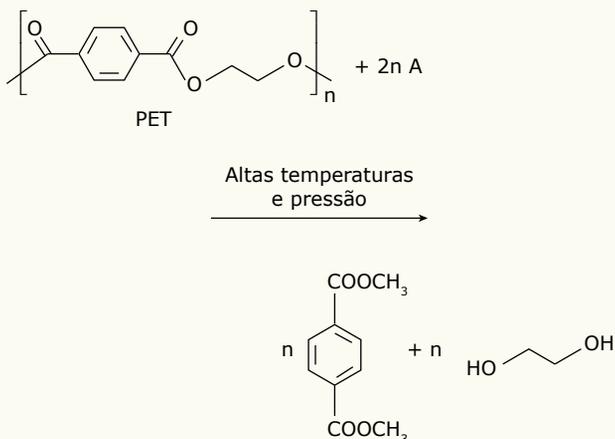


- Considerando as proporções estequiométricas, calcule a massa de etanol,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ , necessária para reagir com 1 mol de triglicérido.
- Escreva a fórmula estrutural da glicerina, um subproduto da produção do biodiesel.
- Indique se a cadeia carbônica ligada à carbonila dos 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



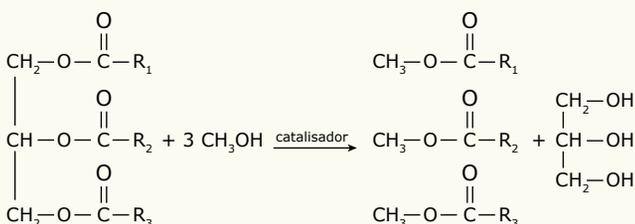
**01.** (Enem-2019) Uma das técnicas de reciclagem química do polímero PET [poli(tereftalato de etileno)] gera o tereftalato de metila e o etanodiol, conforme o esquema de reação, e ocorre por meio uma reação de transesterificação.



O composto A, representado no esquema de reação, é o

- A) metano.
- B) metanol.
- C) éter metílico.
- D) ácido etanoico.
- E) anidrido etanoico.

**02.** (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.
- B) éster.
- C) álcool.
- D) cetona.
- E) ácido carboxílico.

# GABARITO

Meu aproveitamento

## Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

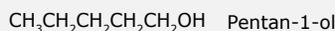
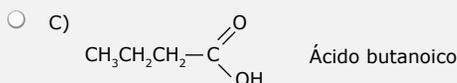
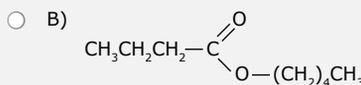
- 01. D
- 02. E
- 03. B
- 04. E
- 05. B
- 06. D
- 07. B
- 08. C

## Propostos

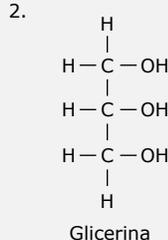
Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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

A) Éster



09. 1. m(etanol) = 138 g



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. B



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Aminas, Amidas e outras Funções Orgânicas

### AMINAS

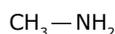
São compostos derivados da amônia,  $\text{NH}_3$ , pela substituição de um átomo de H (ou mais) por grupos carbônicos, em que o(s) carbono(s) que se liga(m) ao nitrogênio é(são) saturado(s). As aminas podem ser classificadas em:

- 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.

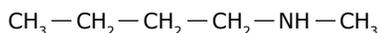
As aminas são os compostos de maior caráter básico na Química Orgânica.

### Nomenclatura IUPAC

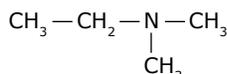
A nomenclatura de uma amina é formada pelos nomes dos grupos ligados ao átomo de nitrogênio, em ordem de complexidade, e o grupo mais complexo recebe a terminação **-amina**.



**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

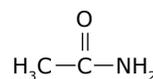
Compostos derivados dos ácidos carboxílicos por substituição da hidroxila de um nitrogênio, ou seja, o grupo funcional é constituído por um átomo de nitrogênio ligado a uma carbonila. Apesar de possuírem um átomo de oxigênio em seu grupo funcional, as amidas são consideradas compostos nitrogenados.

As amidas podem ser classificadas em:

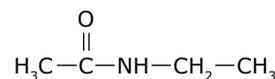
- A) Amidas não substituídas:** amidas em que o nitrogênio está ligado à carbonila e a dois hidrogênios.
- B) Amidas N-substituídas:**
  - **Amidas monossustituídas:** amidas em que o nitrogênio está ligado à carbonila e a um grupo carbônico;
  - **Amidas dissustituídas:** amidas em que o nitrogênio está ligado à carbonila e a dois grupos carbônicos.

### Nomenclatura IUPAC

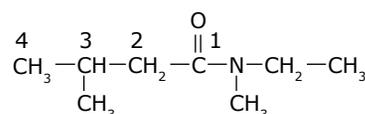
A nomenclatura de uma amida não substituída é derivada da nomenclatura dos ácidos carboxílicos. Deve-se substituir a terminação **-ico** do ácido carboxílico de origem pela terminação **-amida**. Na nomenclatura de uma amida N-substituída, escreve-se a letra N seguida do nome dos grupos ligados ao nitrogênio, 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

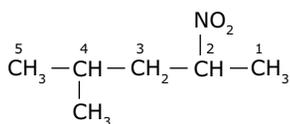
As amidas raramente são encontradas na natureza, sendo geralmente sintetizadas em laboratório.

## NITROCOMPOSTOS

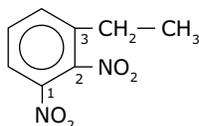
São compostos orgânicos que apresentam o grupamento nitro ( $-\text{NO}_2$ ) ligado a átomo de carbono. Os nitrocompostos podem ser considerados compostos derivados dos hidrocarbonetos pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio pelo grupamento nitro ( $-\text{NO}_2$ ).

### 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

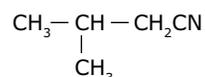
A nomenclatura de uma nitrila é formada pelo nome do hidrocarboneto de origem com a terminação **-nitrila**.

### 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

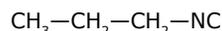
São compostos derivados do ácido isocianídrico, HNC, pela substituição de um átomo de H por grupos carbônicos alquila ou arila.

### Nomenclatura IUPAC

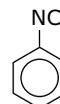
A nomenclatura de uma isonitrila é formada pelo nome do radical do hidrocarboneto que origina o grupamento alquila ou arila ligado ao grupamento funcional isocianeto ( $-\text{NC}$ ) com a terminação **-carbilamina**.

### 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**

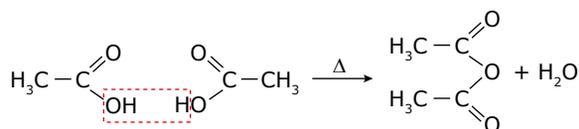


**Benzilcarbilamina ou isocianeto de fenila**

## ANIDRIDOS

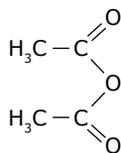
São compostos obtidos da desidratação intermolecular (acíclicos) ou intramolecular (cíclicos) dos ácidos carboxílicos.

**Exemplo:**

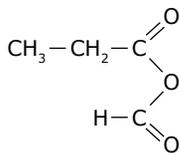


## Nomenclatura IUPAC

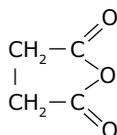
A nomenclatura de um anidrido é igual à nomenclatura do ácido carboxílico de origem, se o anidrido for simétrico (anidrido obtido a partir de moléculas de um único ácido carboxílico), trocando-se a palavra ácido pela palavra **anidrido**. Todavia, quando o anidrido é assimétrico, cita-se primeiramente o nome do ácido de menor cadeia carbônica.



**Anidrido etanoico ou acético**  
(anidrido simétrico)



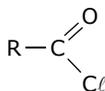
**Anidrido metanoico-propanoico**  
(anidrido assimétrico)



**Anidrido butanodioico ou succínico**  
(anidrido simétrico e cíclico)

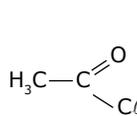
## CLORETOS DE ÁCIDOS

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:

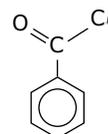


## Nomenclatura IUPAC

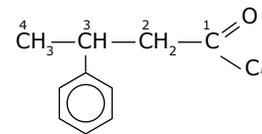
A nomenclatura de um cloreto de ácido é derivada da nomenclatura dos ácidos carboxílicos; deve-se citar o nome **cloreto** seguido da preposição **de** e substituir a terminação **-ico** do ácido carboxílico de origem pela terminação **-ila**. Para numerar a cadeia de um cloreto de ácido, deve-se começar 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)



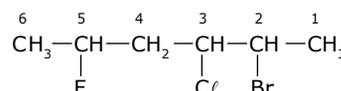
**Triclorometano**  
(clorofórmio)



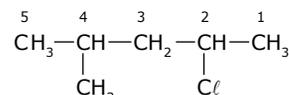
**Fluormetano**  
(fluoreto de metila)



**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

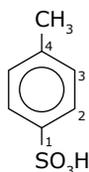
Os haletos não são encontrados na forma livre na natureza. Geralmente, são produzidos em laboratório.

## ÁCIDOS SULFÔNICOS

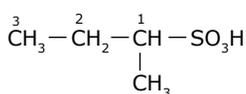
São compostos orgânicos derivados do ácido sulfúrico pela substituição de um grupamento hidroxila (—OH) por um grupamento orgânico.

### Nomenclatura IUPAC

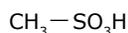
A nomenclatura de um ácido sulfônico é a mesma do hidrocarboneto de origem, precedida pela palavra **ácido** e com a terminação **-sulfônico**. Para numerar a cadeia de um ácido sulfônico, deve-se começar pelo carbono ligado ao grupamento  $\text{SO}_3\text{H}$ .



**Ácido 4-metilbenzenossulfônico**  
ou  
**p-toluenossulfônico**



**Ácido 1-metilpropanossulfônico**



**Ácido metanossulfônico**

## TIOÁLCOOIS OU TIÓIS

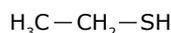
Em Química, o prefixo **-tio** indica a substituição de um átomo de oxigênio por um átomo de enxofre. Assim, os tioálcoois ou tióis são compostos orgânicos semelhantes aos álcoois (que apresentam o grupamento funcional —OH) em que encontramos, no lugar dos átomos de oxigênio, átomos de enxofre (que apresentam o grupamento funcional —SH). Tais compostos também são denominados mercaptanas.

## Nomenclatura IUPAC

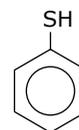
A nomenclatura de um tioálcool é a mesma do hidrocarboneto de origem com a terminação **-tiol**. Para numerar a cadeia de um tioálcool, deve-se começar pela extremidade mais próxima ao carbono ligado ao grupamento —SH.

### Nomenclatura usual

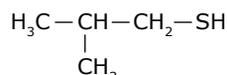
A nomenclatura usual de um tioálcool considera a nomenclatura do grupo alquila ou arila de origem, seguida da expressão **mercaptana** ou **hidrogenossulfeto**.



**Etanotiol,**  
**etilmercaptana ou**  
**etilidrogenossulfeto**



**Benzenotiol,**  
**fenilmercaptana ou**  
**fenilidrogenossulfeto**



**2-metilpropano-1-tiol,**  
**isobutilmercaptana ou**  
**isobutilidrogenossulfeto**

## TIOÉTERES OU SULFETOS

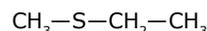
São compostos que possuem o enxofre (—S—) como grupamento funcional. Os tioéteres podem ser considerados compostos derivados dos éteres pela substituição do átomo de oxigênio pelo átomo de enxofre.

### Nomenclatura IUPAC

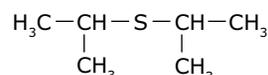
A nomenclatura de um tioéter inicia-se a partir do nome do grupo alquila ou arila (cadeia de menor número de carbonos), adicionando-se o prefixo **-tio** ao nome do hidrocarboneto de origem (cadeia de maior número de carbonos).

### 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**

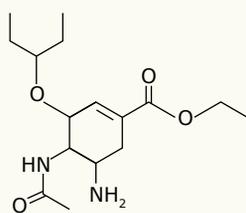
## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



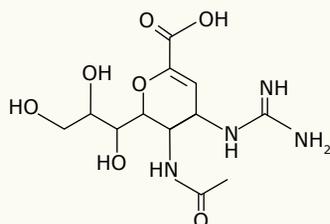
**01.** (UECE-2020) As funções orgânicas são determinadas pelas estruturas e agrupam compostos orgânicos com características semelhantes. Compostos oxinitrogenados pertencem às funções de

- A) aminas. C) amidas.  
B) nitrilas. D) isonitrilos.

**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



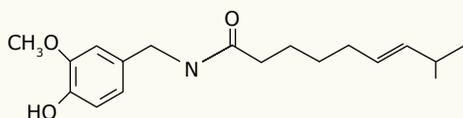
Zanamivir

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:



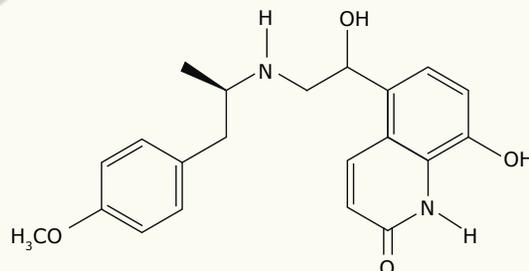
Assinale a alternativa que apresenta as funções orgânicas presentes nessa molécula.

- 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.**  
2EST



(UFRGS-RS) O carmaterol, cuja estrutura é mostrada a seguir, está em fase de testes clínicos para o uso no tratamento de asma.



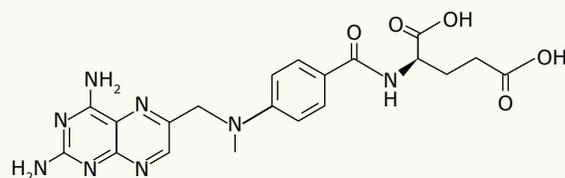
Assinale a alternativa que contém funções orgânicas presentes no carmaterol.

- 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.**  
AAMY



(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

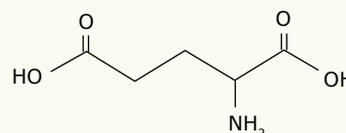
São funções orgânicas presentes na molécula do metotrexato, exceto

- A) Ácido carboxílico C) Amina  
B) Amida D) Álcool

**06.**  
934N



(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:

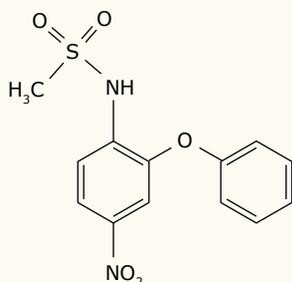


Assinale a alternativa que apresenta o nome do ácido glutâmico de acordo com a nomenclatura IUPAC.

- 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-metanossulfonilida), um fármaco amplamente utilizado como anti-inflamatório não esteroide.



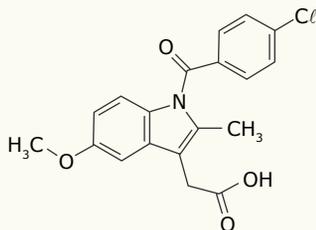
Nimesulida

**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



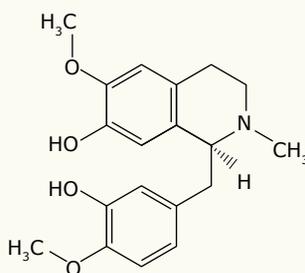
**01.** (UECE-2020) Um exemplo de tiol importante é o butan-1-tiol que é adicionado ao gás de cozinha. O gás de cozinha é fundamentalmente formado pelos gases butano e propano, que não possuem cheiro. A presença do butan-1-tiol faz com que se sinta o cheiro quando há algum vazamento de gás, o que evita a ocorrência de acidentes. Assinale a opção que corresponde à fórmula estrutural desse composto.

- A)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{OH}$   
 B)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{SH}$   
 C)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{SH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$   
 D)  $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{SH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

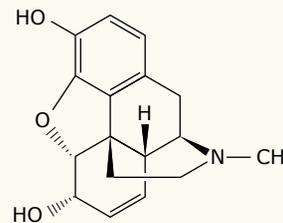
**02.**  
KB05



(UFRGS-RS) 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

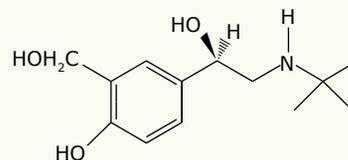
Considere as afirmações a seguir, sobre a reticulina e a morfina.

- 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.**  
7665



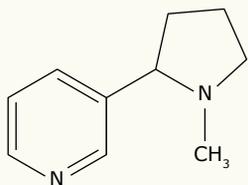
(UEPG-RS) Com relação à estrutura a seguir, assinale o que for correto.



01. Apresenta seis carbonos  $\text{sp}^2$  e sete carbonos  $\text{sp}^3$ .  
 02. Sua fórmula molecular é  $\text{C}_{13}\text{H}_{19}\text{O}_3$ .  
 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) 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 enfartado 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:

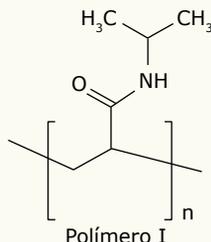
- I. Contém dois heterociclos.
- II. Apresenta uma amina terciária na sua estrutura.
- III. Possui a fórmula molecular  $C_{10}H_{14}N_2$ .

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

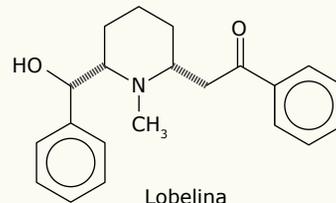
Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br>  
(Adaptação).



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.
- B) amida.
- C) aldeído.
- D) hidrocarboneto.
- E) éster.

06. (UEPA) 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. F1AB

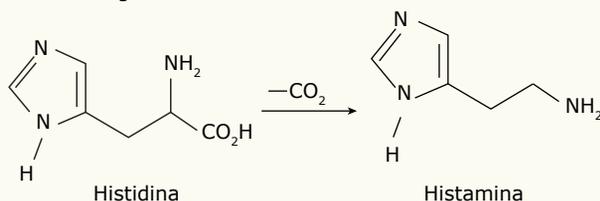


- (UECE) Os compostos orgânicos estão presentes na maioria dos materiais de uso diário. Analise as substâncias apresentadas na seguinte tabela e assinale a afirmação correta.

Substância	Fórmula estrutural	Aplicação
Metoxiterciobutano	$CH_3-O-C(CH_3)_3$	Antidetonante da gasolina
Ureia	$O=C(NH_2)_2$	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  $C_7H_7O_2N$ .
- 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:



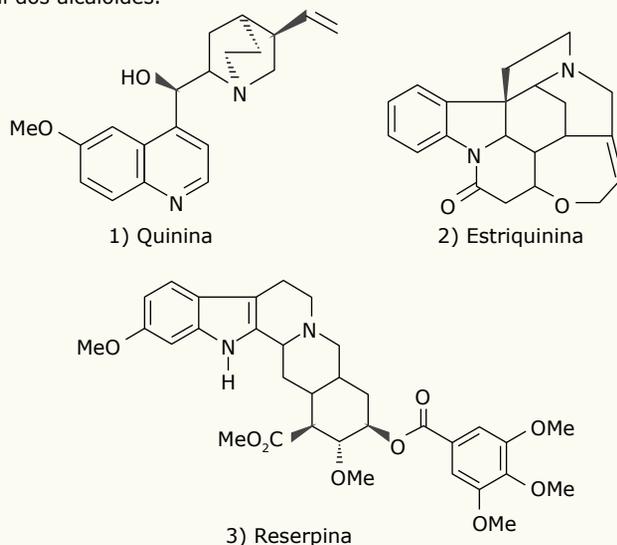
Nas estruturas de histidina e histamina, estão presentes as funções orgânicas

- A) amida e amina. C) aldeído e amida. E) ácido carboxílico e amida.  
 B) aldeído e amina. D) ácido carboxílico e amina.

09. (UPF-RS) O químico Woodward, no período de 1945 a 1958, sintetizou os alcaloides quinina (1), estriquinina (2) e reserpina (3). Alcaloides são compostos orgânicos nitrogenados que possuem um ou mais átomos de nitrogênio em seu esqueleto carbônico, de estrutura complexa e de caráter básico.



Observe a fórmula estrutural dos alcaloides.

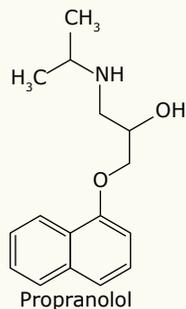


Sobre as estruturas das substâncias químicas descritas acima, assinale a alternativa incorreta.

- A) As estruturas 1, 2 e 3 apresentam pelo menos um anel aromático.  
 B) Na estrutura 1, há uma hidroxila caracterizando a função álcool, ligada a um átomo de carbono secundário.  
 C) Na estrutura 3, existem átomos de oxigênio entre átomos de carbonos, como heteroátomos, relativos à função éter e à função éster.  
 D) A estrutura 2 é uma função mista, na qual existem os grupos funcionais relativos à amida, ao éter e à amina.  
 E) Na estrutura 3, tem-se um sal orgânico formado pela substituição da hidroxila do grupo carboxila de um ácido orgânico por um grupo alcoxila proveniente de um álcool.

**Instrução:** Leia o texto a seguir para responder à questão 10.

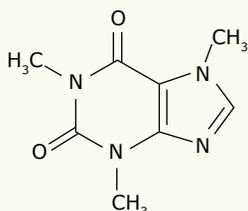
Em todos os jogos olímpicos há sempre uma grande preocupação do Comitê Olímpico em relação ao *doping*. Entre as classes de substâncias dopantes, os betabloqueadores atuam no organismo como diminuidores dos batimentos cardíacos e como antiangiolíticos. O propranolol foi um dos primeiros betabloqueadores 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) 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.



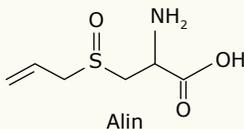
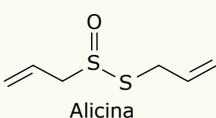
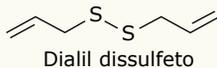
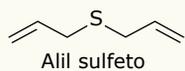
Estrutura da cafeína

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:



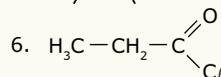
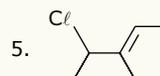
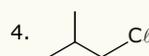
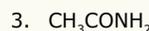
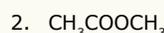
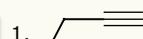
Com relação às estruturas dessas moléculas, assinale a alternativa incorreta.

- 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. E4NS



(UEPB) Dadas as fórmulas a seguir, faça as associações.



- 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

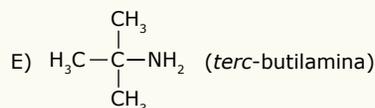
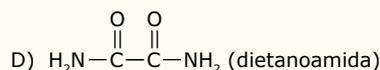
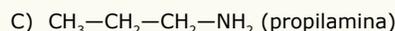
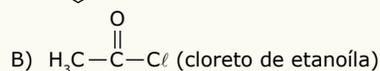
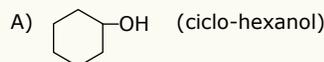
Assinale a alternativa que apresenta as associações corretas.

- 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

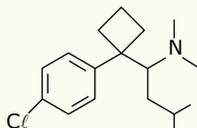
15. RLZQ



(PUC Minas) O nome das substâncias está incorretamente indicado nos parênteses em:



**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:

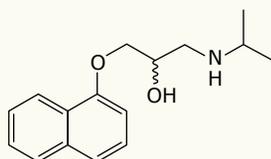
- I. Existe um átomo de carbono terciário com hibridização  $sp^2$ .
- II. Sua fórmula molecular é  $C_{17}H_{25}NCl$ .
- III. Possui 6 elétrons pi ressonantes.
- IV. Apresenta os grupos funcionais haleto orgânico e amida.

Estão corretas, somente,

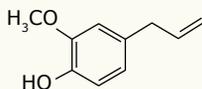
- A) I, III e IV.
- B) II, III e IV.
- C) I, II e III.
- D) I e III.
- E) II e III.

**17.** (UECE) 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.

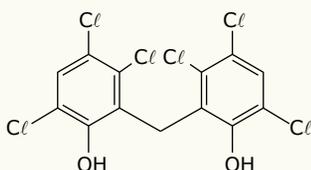
- A) O propranolol, fármaco anti-hipertensivo indicado para o tratamento e prevenção do infarto do miocárdio, contém as seguintes funções orgânicas: álcool e amida.



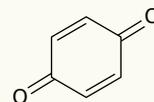
- B) O eugenol, que possui efeitos medicinais que auxiliam no tratamento de náuseas, flatulências, indigestão e diarreia contém a função éter.



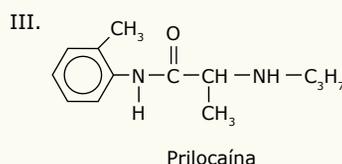
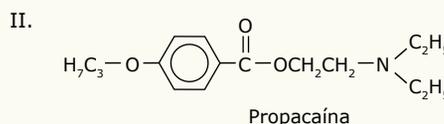
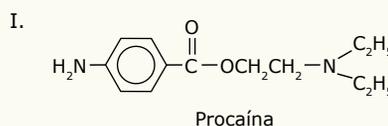
- C) O composto a seguir é um antisséptico que possui ação bacteriostática e detergente, e pertence à família dos álcoois aromáticos.



- D) O *p*-benzoquinona, usado como oxidante em síntese orgânica é um éster cíclico.



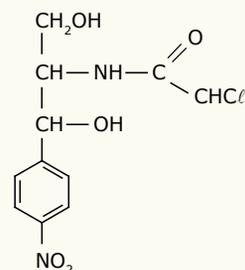
**18.** (UFG-GO) A maioria dos anestésicos locais consiste de uma parte hidrofóbica, que é um anel aromático substituído, e aminas primária, secundária ou terciária. A seguir, as formas estruturais planas de três anestésicos são apresentadas.



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) A estrutura do cloranfenicol, antibiótico de elevado espectro de ação, encontra-se apresentada a seguir:



Sobre o cloranfenicol, fazem-se as seguintes afirmativas:

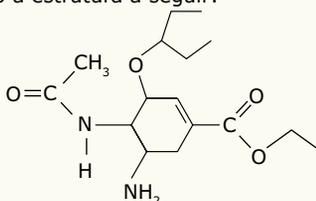
- I. Apresenta 6 carbonos  $sp^2$  e 4 carbonos  $sp^3$ .
- II. Possui a função amida em sua estrutura.
- III. Sua fórmula molecular é  $C_{11}H_{12}O_5N_2Cl_2$ .
- IV. É um hidrocarboneto alifático e ramificado.
- V. Possui a função nitrila em sua estrutura.

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.



- 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<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>).  
 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.
- 04.** O alho e a cebola possuem odores característicos e facilmente perceptíveis mesmo em baixas concentrações, devido à presença de tioéteres na composição desses alimentos. As estruturas a seguir são exemplos de substâncias responsáveis pelo odor de alguns alimentos.

	Substância
I	
II	
III	
IV	
V	
VI	
VII	
VIII	

A(s) substância(s) que, possivelmente, é(são) responsável(eis) pelos odores do alho e da cebola, está(ão) representada(s) pela(s) estrutura(s)

- A) I. D) VIII.  
 B) III. E) II.  
 C) VI e VII.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### GABARITO

Meu aproveitamento

#### Aprendizagem

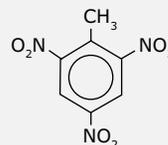
Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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

#### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. B     07. A  
 02. C     08. D  
 03. Soma = 13     09. E  
 04. E     10. A  
 05. B     11. C  
 06. A  
 12. Um dos possíveis compostos com essa fórmula é o 2,4,6-trinitrotolueno, cuja estrutura está representada a seguir:



13. D     16. D  
 14. B     17. B  
 15. D  
 18.  
 A) Estrutura I: amina terciária  
 Estrutura II: amina terciária  
 Estrutura III: amina secundária  
 B) Estrutura I: amino e carboxilato  
 Estrutura II: oxo e carboxilato  
 Estrutura III: carboxiamida  
 19. C     20. D

#### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. E     02. C     03. E     04. B

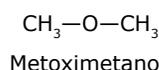
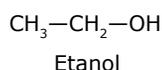


Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## 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.

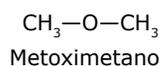
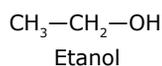
### Isomeria de função

Tipo de isomeria plana em que os isômeros pertencem a diferentes funções.

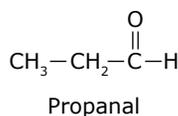
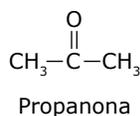
Isomeria de função: os isômeros possuem grupos funcionais diferentes.

Os principais pares de isômeros funcionais são:

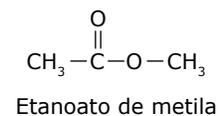
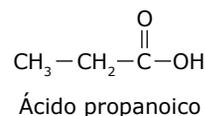
- Álcoois e éteres



- Aldeídos e cetonas



- Ácidos carboxílicos e ésteres



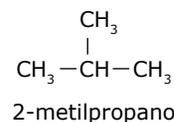
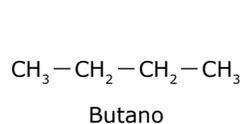
### Isomeria de cadeia

Tipo de isomeria plana em que os isômeros pertencem à mesma função, porém diferem em relação à classificação de suas cadeias carbônicas.

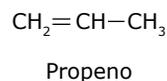
Isomeria de cadeia: os isômeros pertencem à mesma função e têm cadeias carbônicas diferentes.

### É bom saber...

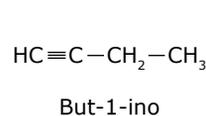
- Toda cadeia carbônica não ramificada, saturada ou insaturada (por ligação dupla), com quatro ou mais carbonos, possui pelo menos um isômero de cadeia ramificada.



- 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.



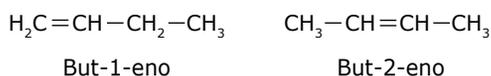
## Isomeria de posição

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.

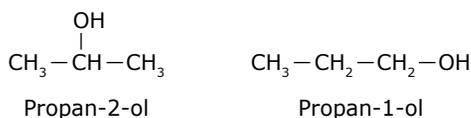
Isomeria de posição: os isômeros pertencem à mesma função, têm cadeias iguais e diferentes localizações de insaturações, grupos funcionais ou ramificações.

### Exemplos:

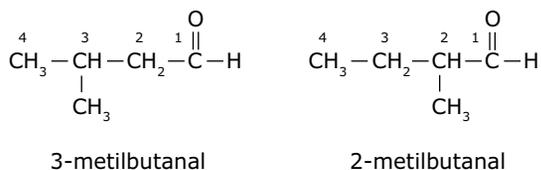
1. Posição de uma insaturação:



2. Posição de um grupo funcional:



3. Posição de uma ramificação:

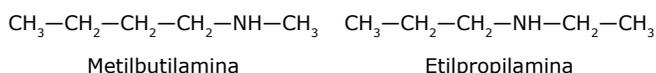


## Isomeria de compensação ou metameria

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  $\Rightarrow$  composto que possui como grupo funcional a hidroxila ( $-\text{OH}$ ), ligada diretamente a um carbono insaturado por uma ligação dupla (hibridação  $sp^2$ ).

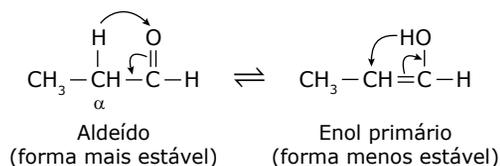
## Isomeria plana dinâmica ou tautomeria

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.

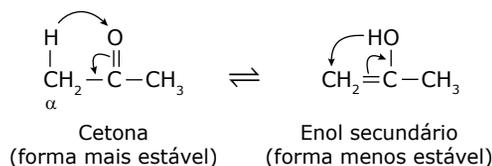
A tautomeria também é chamada de isomeria dinâmica, pois os isômeros são convertidos um no outro indefinidamente, estabelecendo um estado de equilíbrio. Os isômeros que realizam a tautomeria são denominados tautômeros. Nesse equilíbrio, o tautômero mais estável é aquele que se encontra em maior concentração.

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.

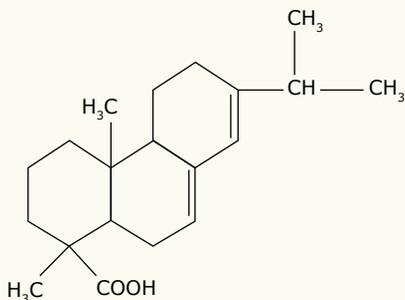
### OBSERVAÇÃO

Em aldeídos e cetonas que não possuem hidrogênios em carbonos  $\alpha$ , não se observa o fenômeno da tautomeria.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (FMP-RJ) 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:

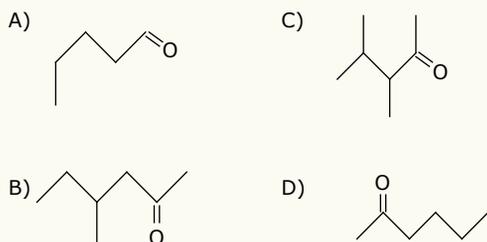


Um isômero de função mais provável desse composto pertence à função denominada

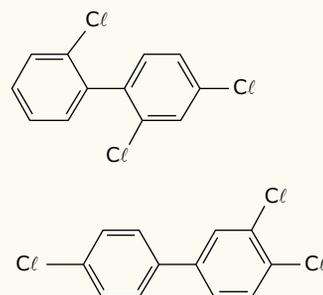
- A) amina.  
B) éster.  
C) aldeído.  
D) éter.  
E) cetona.

- 02.** (UECE) 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)

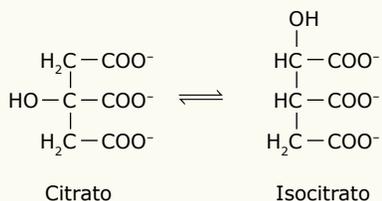
EVIU



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

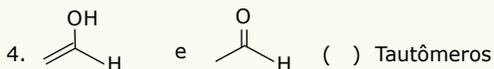
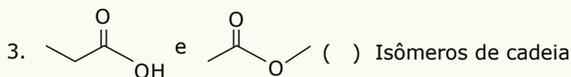
- A) 2.  
B) 3.  
C) 5.  
D) 4.

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

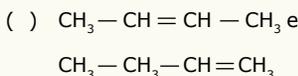
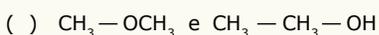
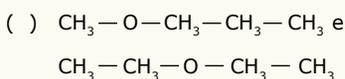
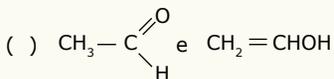
- A) cadeia. C) posição.  
 B) função. D) compensação.
07. (CMMG) Numerando corretamente a coluna da direita com os pares de compostos da esquerda e lendo os numerais de cima para baixo, aparecerá



- 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

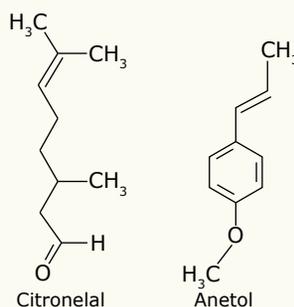
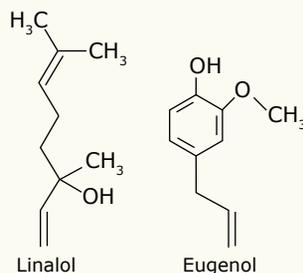


- A) 1, 3, 4, 2 C) 1, 4, 3, 2 E) 3, 4, 1, 2  
 B) 1, 3, 2, 4 D) 4, 1, 3, 2

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

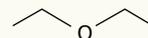


01. (FUVEST-SP) As fórmulas estruturais de alguns componentes de óleos essenciais, responsáveis pelo aroma de certas ervas e flores, são:

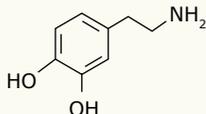
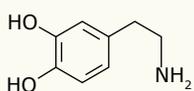


Dentre esses compostos, são isômeros

- A) anetol e linalol.  
 B) eugenol e linalol.  
 C) citronelal e eugenol.  
 D) linalol e citronelal.  
 E) eugenol e anetol.
02. (CUSC-SP-2020) Considere a estrutura do etoxietano.



- A) Escreva a fórmula molecular desse composto. Cite a função orgânica à qual pertence o etoxietano.  
 B) Qual é o tipo de isomeria plana existente entre o etoxietano e o composto butanol? Justifique sua resposta.
03. (Unicamp-SP) 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:

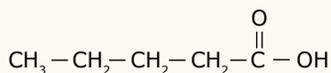


As imagens representam duas fórmulas estruturais, que correspondem a dois

- compostos que são isômeros entre si.
- modos de representar o mesmo composto.
- compostos que não são isômeros.
- compostos que diferem nas posições das ligações duplas.

04.  
2EKV

(UECE) 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

- propanoato de etila.
- etóxi-propano.
- 3-metil-butanal.
- pentan-2-ona.

05.  
WFOE

(UFPI) Dados os pares de compostos:

- metil-n-propilamina e dietilamina;
- 1-propanol e 2-propanol;
- ácido butanoico e ácido metil-propanoico;
- propanoato de metila e etanoato de etila.

Temos exemplos de metameria (ou isomeria de compensação) em

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

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

- butanal, butanona e ácido 2-metilbutanoico.
- acetato de metila, etoxietano e butan-2-ol.
- butan-1-ol, acetato de etila e etoxietano.
- ácido metilpropanoico, butanona e ácido pentanoico.
- acetato de etila, ácido metilpropanoico e propanoato de metila.

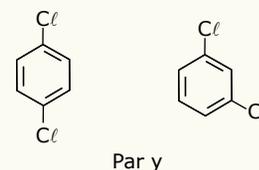
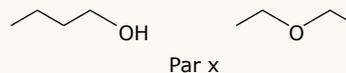
07.  
4AIJ

(UFJF-MG) A substância 2-pentanona possui isômeros de posição, de cadeia e de função. Esses isômeros podem ser, respectivamente,

- 3-pentanona, metil-butanona e pentanal.
- 3-pentanona, metil-butanona e 2-pentanol.
- 3-pentanona, etil-butanona e 2-pentanol.
- 1-pentanona, etil-butanona e pentanal.
- 1-pentanona, ciclopentanona e 2-pentanol.

08.  
PVJ3

(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,

- compensação e posição.
- função e posição.
- compensação e função.
- função e compensação.
- função e geométrica.

09. (UEPG-PR) Com respeito aos compostos aromáticos citados a seguir, identifique quais apresentam isomeria de posição (orto, meta ou para) e assinale o que for correto.

- Etilbenzeno.
  - Ácido benzoico.
  - Dibromobenzeno.
  - Tolueno.
  - Xileno.
- Soma ( )

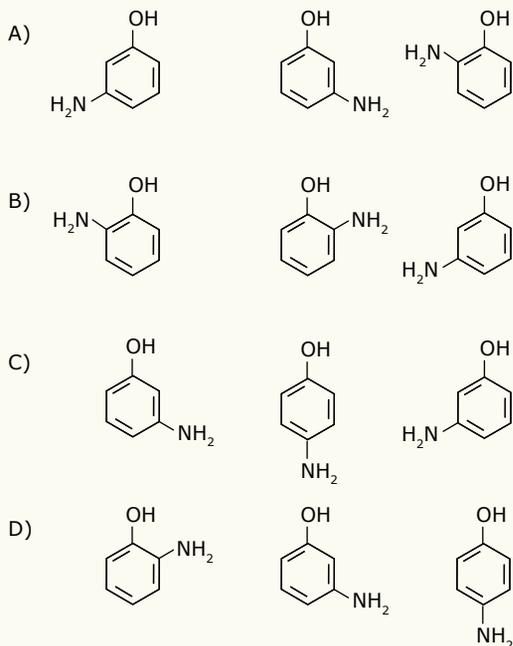
10.  
3K0V

(CEFET-MG) 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

- 3.
- 4.
- 5.
- 7.
- 8.

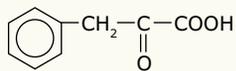
11.  
BOXP

(UERJ) Aminofenóis são compostos formados pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio ligados aos carbonos do fenol por grupamentos  $\text{NH}_2$ . 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 ( $\text{FeCl}_3$ ) 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.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



### 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.
- A)  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$
- B) Isomeria de função.
- 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



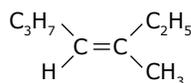
Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %



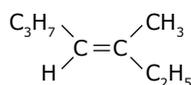
## ISOMERIA GEOMÉTRICA E-Z

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.

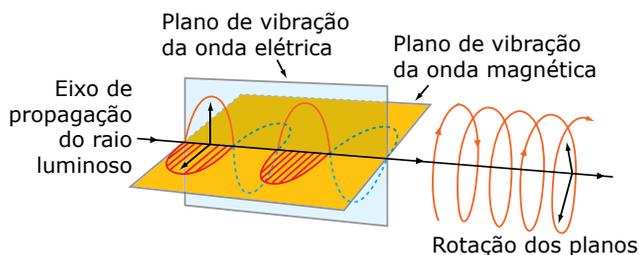
De um modo geral, os isômeros E-Z apresentam propriedades físicas diferentes e propriedades químicas diferentes ou não, dependendo da posição relativa dos grupos ligantes e do tipo de substância. Um exemplo esclarecedor é o do ácido but-2-enodioico frente a um aquecimento: o ácido maleico (cis) transforma-se 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.

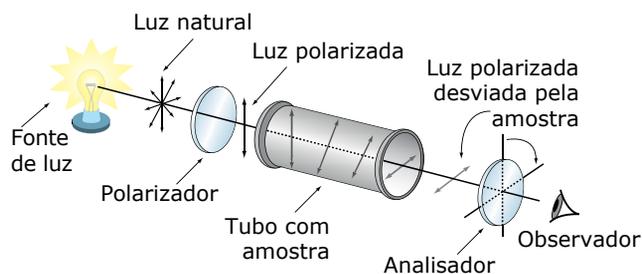
A luz natural corresponde a ondas eletromagnéticas cujas ondas elétricas vibram em um plano perpendicular ao das ondas magnéticas. À medida que a luz se desloca, esses dois planos giram em torno de seu próprio eixo de propagação.



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).

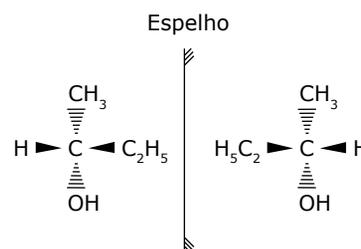


O isômero que gira o plano da luz polarizada para a direita é denominado dextrorrotatório, dextrógiro (do latim *dexter*, direita) ou, simplesmente, d. Já o isômero que gira o plano da luz polarizada para a esquerda é denominado levorrotatório, levógiro (do latim *laevus*, esquerda) ou, simplesmente, 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.

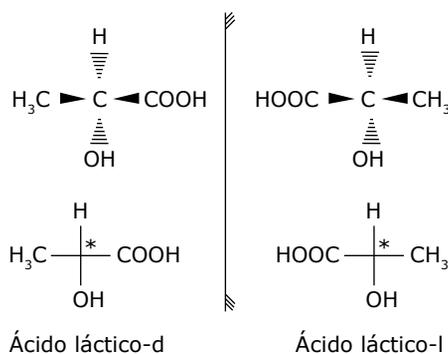
**Exemplo 1:**

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.

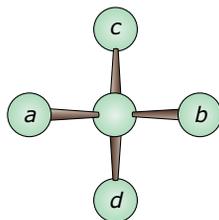
Aproveite para aprender mais sobre o conteúdo e sobre a relevância dos compostos isômeros no cotidiano. Bons estudos!

QCAV

**Representação de Fischer**

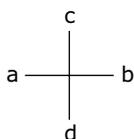
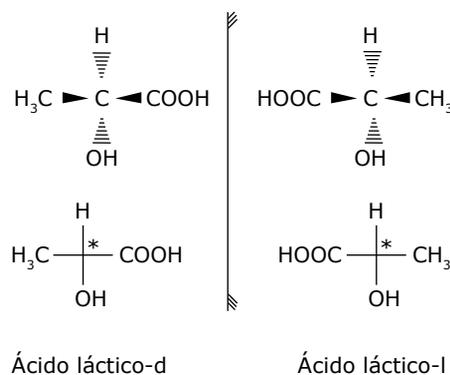
Os carbonos assimétricos são tetraédricos. A representação desses tetraedros em duas dimensões é difícil. Para facilitar essa representação, Fischer desenvolveu uma projeção bastante simples para quaisquer carbonos tetraédricos.

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

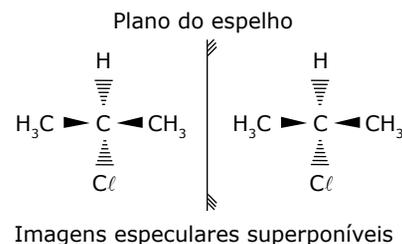
Ácido láctico-l

**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:**

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

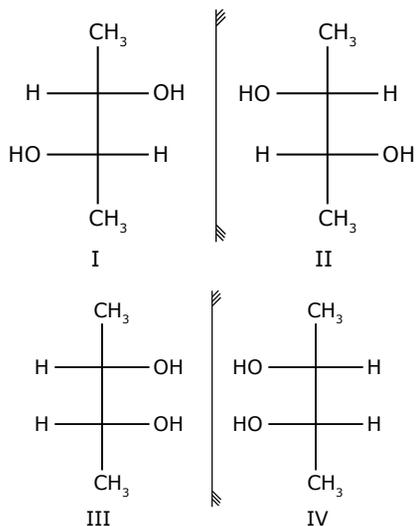
Em uma síntese que origina enantiômeros, realizada em laboratório, em ambiente não quiral, os isômeros d e l serão originados na mesma proporção. Essa mistura é denominada mistura racêmica ou racemato.

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:

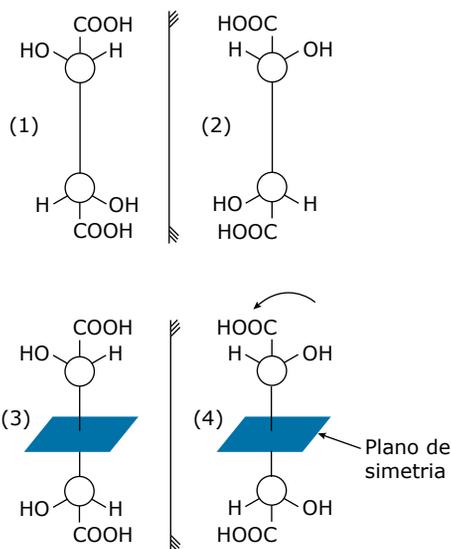
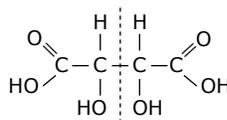


Gire as estruturas desenhadas no papel em um ângulo de  $180^\circ$  (sentido horário e anti-horário). Se as imagens forem coincidentes, quer dizer que as estruturas apresentam a mesma configuração espacial. Como as estruturas I e II não são sobreponíveis, elas representam um par de enantiômeros. As 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

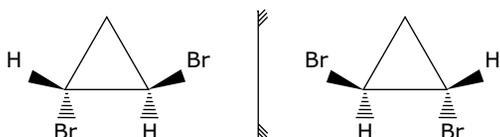
Atividade óptica associada ao carbono assimétrico, ou quiral, é uma generalização que não se verifica em algumas poucas substâncias ativas sem carbono assimétrico, por exemplo, os cristais de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), o clorato de sódio ( $\text{NaClO}_3$ ) e a inosita (ciclo-hexanoexol).

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.

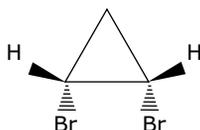
**Exemplo:**

*trans*-1,2-dibromociclopropano.



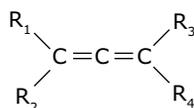
Quando um composto de cadeia carbônica cíclica apresenta isomeria cis-trans, a molécula do isômero trans é assimétrica, isto é, não apresenta plano de simetria. Portanto, possui atividade óptica, apresentando dois isômeros, o dextrógiro, o levógiro e também uma mistura racêmica.

O isômero cis apresenta plano de simetria; portanto, é opticamente inativo.

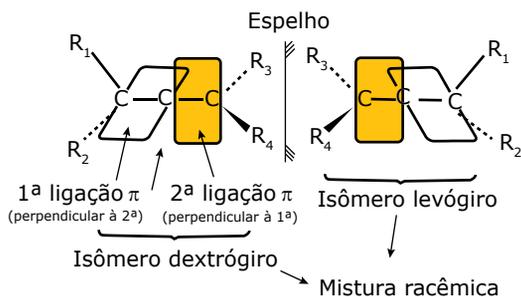


*cis*-1,2-dibromociclopropano

- 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.

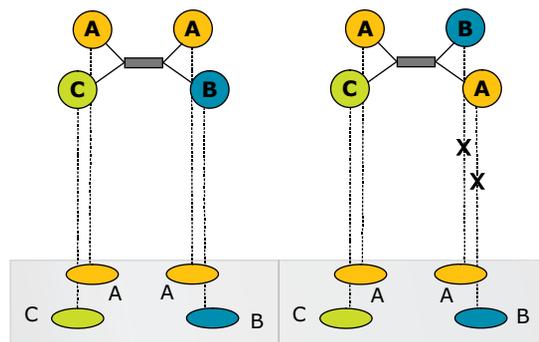
Observe alguns valores de algumas propriedades físicas dos ácidos tartáricos.

Ácidos	T.F. / °C	Densidade / g.cm <sup>-3</sup>	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

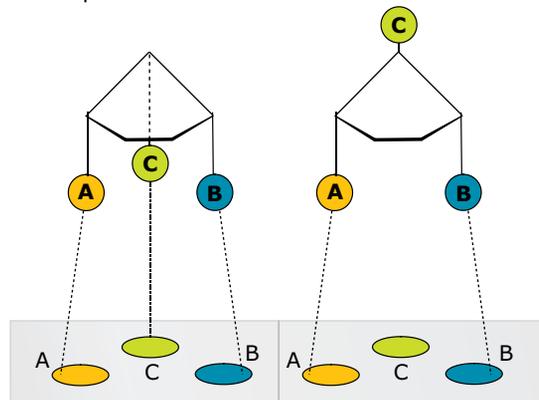
As propriedades químicas dos isômeros ópticos são idênticas quando eles reagem com reagentes não quirais. Apenas em um ambiente quiral, eles apresentam comportamentos químicos diferentes. Por exemplo, na presença de uma enzima quiral, a reação de um isômero óptico pode ser catalisada, enquanto a reação 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.

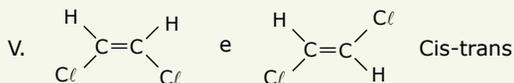
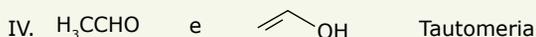
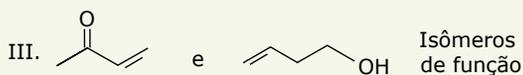
No exemplo a seguir, somente o primeiro enantiômero possui a configuração correta para o receptor: quando os grupos A estão em trans, a molécula não se "encaixa" no sítio receptor.



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.

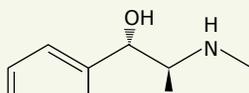
- A) 2  
B) 3  
C) 4  
D) 5

07.  
X96L



(UFRGS-RS) Na série *Breaking Bad*, o personagem Professor Walter White começou a produzir metanfetamina a partir da extração de pseudoefedrina de remédios contra resfriados.

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.  
15JB



(IME-RJ) Dentre as opções a seguir, indique a única que não representa estereoisomeria.

- A) 3-metil-2-hexeno  
B) 2-penteno  
C) Ácido butenodioico  
D) Propenal  
E) 2-buteno

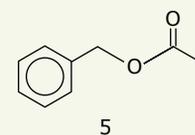
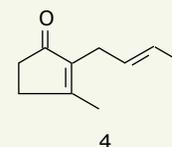
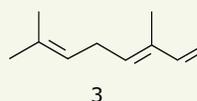
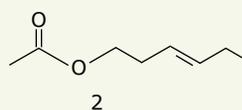
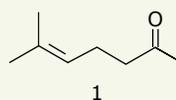
## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



01.  
9B20



(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:

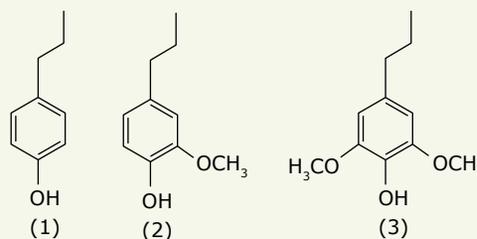


Dentre as moléculas apresentadas, as que possuem isômeros geométricos são

- A) 1, 2, 3, 4 e 5.                      D) 4 e 5, apenas.  
B) 1, 2 e 3, apenas.                  E) 1 e 5, apenas.  
C) 2, 3 e 4, 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.



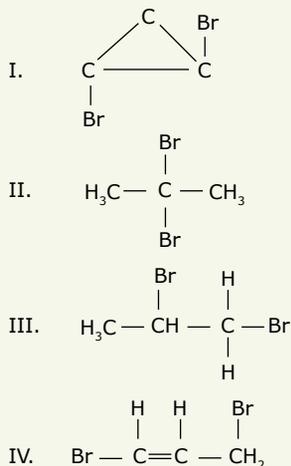
**02.** (UEPA) Sobre os compostos fenilpropanoides, analise as afirmativas a seguir:

- 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:

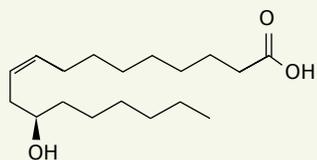
- A) I e II                                      D) II e V  
B) I e III                                    E) III e V  
C) II e IV

- 03.** (UECE) 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.

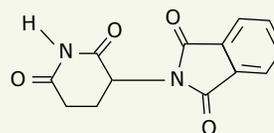
- A) As moléculas I e II são isômeros de cadeia e I e IV são isômeros de posição.
- B) As moléculas II e III são isômeros de posição e a molécula I pode apresentar isomeria geométrica *trans* e isomeria óptica.
- C) As moléculas I e III são tautômeros, e a molécula IV pode apresentar isomeria geométrica *cis* e isomeria óptica.
- D) As moléculas I e IV não são isômeros.
- 04.** (UFRGS-RS-2020) O óleo de rícino ou óleo de mamona é extraído das sementes da planta *Rícínus communis* e é constituído por, aproximadamente, 90% de triglicerídeos do ácido ricinoleico, cuja fórmula é representada na molécula seguinte:



Sobre essa molécula, é correto afirmar que

- A) é totalmente solúvel em meio aquoso.
- B) possui somente carbonos secundários.
- C) é o ácido 12-hidróxi-9-*trans*-octadecenoico, de acordo com a nomenclatura da IUPAC.
- D) possui fórmula molecular  $C_{13}H_{33}O_3$ .
- E) apresenta isomeria ótica.

- 05.** (CMMG-2020) Medicamentos quirais sintéticos eram comercializados na forma de misturas racêmicas. Entretanto, um dos enantiômeros bloqueia o sítio receptor biológico e reduz a atividade do outro, ou até mesmo pode apresentar uma atividade totalmente diferente da desejada e, algumas vezes, tóxica. Exemplo trágico é o da Talidomida, cuja estrutura é:

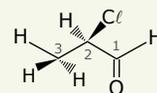


VOLLHARDT, K. P. C.; SCHORE, N. E. *Química orgânica – estrutura e função*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. p. 188 (Adaptação).

A respeito da Talidomida, é correto afirmar que:

- A) Possui fórmula molecular  $C_{13}H_9N_2O_4$  e 1 anel aromático.
- B) Possui sete insaturações e apenas um carbono terciário.
- C) Apresenta apenas 1 carbono quiral e 2 isômeros óticos.
- D) Apresenta apenas as funções amina, amida e cetona.
- 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  $C_5H_8Br$ , 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:



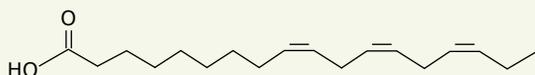
- I. É uma molécula apolar devido à presença de hidrogênio ionizável.
- II. É uma molécula onde o carbono 1 constitui uma carbonila cetônica.
- III. É uma molécula onde o carbono 2 é quiral.

- 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.

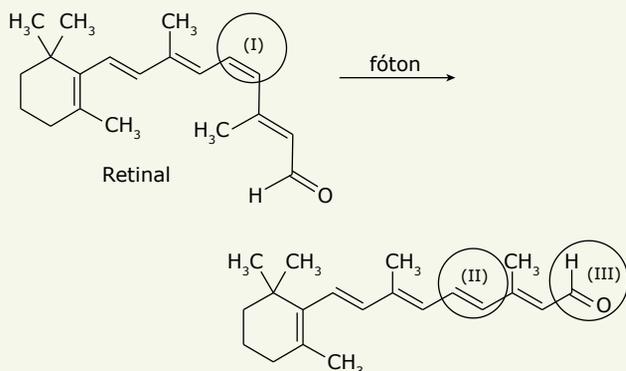
- 09.** (FGV-SP) Alguns ácidos graxos são essenciais ao homem, isto é, o ser humano não consegue sintetizá-los, necessitando adquiri-los por meio da alimentação. O ácido alfa-linolênico (Ômega 3) é um ácido essencial, cuja fórmula estrutural está representada na figura.



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) 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.



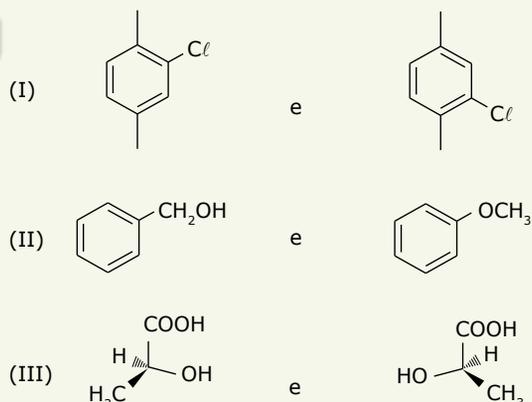
Entre as alternativas a seguir, assinale aquela em que a sequência I, II e III apresenta corretamente as geometrias das duplas ligações circuladas em I e II e a função química circulada em III.

- 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.**  
APV7



(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:

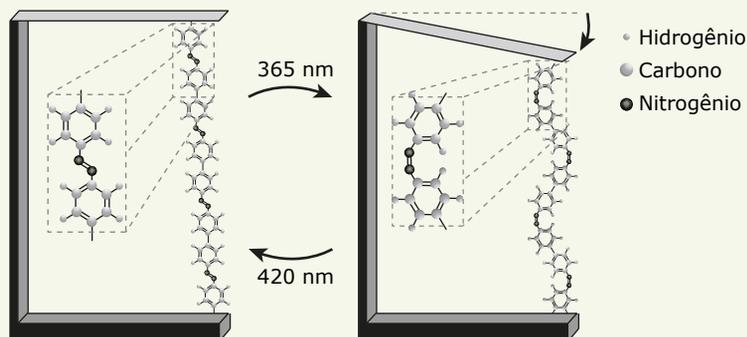
- ( ) O monômero da borracha natural ou cautchu é o isopreno ou 2-metil-1,3-butadieno. Esse composto possui dois isômeros geométricos.
- ( ) A existência de isômeros geométricos cíclicos é permitida pelo fato de não haver liberdade de rotação em torno da ligação C—C.
- ( ) Os compostos 1,2-dicloroeteno 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.



## 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  $\pi$  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.  
9JMD

(Enem) 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.



**Bombycol**

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 bombicil 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.

## SEÇÃO FUVEST / UNICAMP / UNESP



## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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

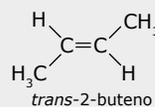
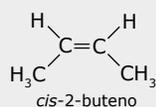
### Propostos

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. C  
 02. E  
 03. B  
 04. E  
 05. C

06.

- A)



- B)



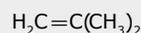
Ciclobutano



Metilciclopropano



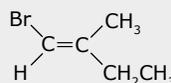
1-Buteno



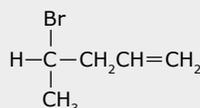
Metilpropeno

07.

- A)



- B)



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

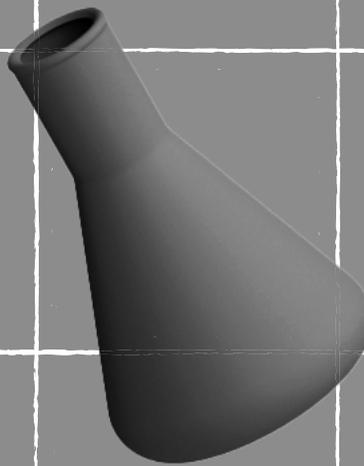
### Seção Enem

Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

01. B     02. E     03. B     04. D



Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %



# QUÍMICA

# SUMÁRIO

## FRENTE A

- 3 Módulo 09: Ligações Covalentes I
- 4 Módulo 10: Ligações Covalentes II
- 7 Módulo 11: Geometria Molecular e Polaridade das Moléculas
- 9 Módulo 12: Interações Intermoleculares

## FRENTE B

- 11 Módulo 09: Introdução à Termoquímica
- 12 Módulo 10: Calores de Reação
- 15 Módulo 11: Energia de Ligação e Lei de Hess
- 19 Módulo 12: Introdução ao Estudo das Soluções

## FRENTE C

- 21 Módulo 09: Ésteres
- 22 Módulo 10: Aminas, Amidas e outras Funções Orgânicas
- 25 Módulo 11: Isomeria Plana
- 28 Módulo 12: Isomeria Espacial





04. À medida que prossegue a reação de obtenção de ozônio, a partir de oxigênio molecular, ocorre uma diminuição no número de moléculas no estado gasoso.
08. A solução de ozônio produzida em 2 horas de funcionamento de um ozonizador comercial típico, com reservatório com capacidade para 2,00 L de água, apresenta-se com uma concentração igual a  $3,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .
16. A soma dos menores coeficientes estequiométricos inteiros da reação de produção de  $\text{O}_{3(g)}$ , a partir de  $\text{O}_{2(g)}$ , é igual a 5.
32. A molécula de  $\text{O}_2$  apresenta uma dupla ligação química e é apolar.
- Soma ( )

**03.** (UFSC) Sobre o elemento químico oxigênio é correto afirmar:

01. Encontra-se na natureza sob duas variedades, o oxigênio comum e o ozônio.
02. O oxigênio comum é um dos constituintes da atmosfera terrestre.
04. O ozônio tem fórmula molecular  $\text{O}_2$ .
08. Submetendo-se o oxigênio comum a descargas elétricas, o mesmo pode ser convertido em ozônio.
16. O oxigênio comum é empregado como comburente de reações de combustão.

Soma ( )

**04.** (CEFET-CE) O átomo de oxigênio está presente em substâncias fundamentais aos seres vivos, tais como a água e o gás oxigênio. Os seus isótopos,  ${}^8\text{O}^{16}$ ,  ${}^8\text{O}^{17}$  e  ${}^8\text{O}^{18}$ , ocorrem na natureza com as abundâncias 99,76%, 0,04% e 0,20%, respectivamente. Considerando o oxigênio e as moléculas em que ele está presente, é verdadeiro dizer que

- A) o isótopo menos abundante do oxigênio é isótono do  ${}^9\text{F}^{19}$ .
- B) a massa atômica do elemento oxigênio será superior a 16,3 u.
- C) o oxigênio possui, em seu estado fundamental, quatro elétrons na camada de valência.
- D) o oxigênio sempre terá número de oxidação igual a -2 em todos os seus compostos.
- E) o ozônio é uma forma alotrópica do oxigênio.

**05.** (Unesp) Tudo com o que sonham os torcedores dos países participantes da Copa do Mundo de Futebol deste ano é que essa cena, representada na figura I, se repita inúmeras vezes. Na rede do adversário, é claro.

O carbono apresenta a propriedade de formar mais do que uma substância simples. Uma dessas substâncias apresenta estrutura em camadas, cada uma delas constituída de hexágonos (figura II), com geometria semelhante à da rede de futebol. Uma outra substância se apresenta como uma estrutura fechada (figura III), na qual os átomos de carbono estão arranjados com geometria semelhante aos gomos de uma bola de futebol.

Figura I

Bola na rede: é gol!



Disponível em: <http://fifa.com>.

Figura II

Figura representando um plano de átomos (parte da estrutura) da substância com distribuição geométrica semelhante à rede.

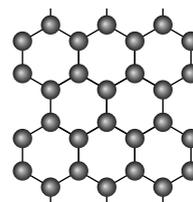
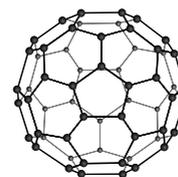


Figura III

Figura representando a estrutura da substância com distribuição geométrica semelhante à da bola de futebol.



A propriedade à qual se refere o texto e as formas descritas para o carbono são denominadas, respectivamente,

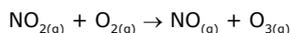
- A) alotropia, grafite e diamante.
- B) alotropia, grafite e fulereno.
- C) isomeria, fulereno e diamante.
- D) isomeria, grafite e fulereno.
- E) isotropia, grafite e fulereno.

**06.** (UFPE) O elemento carbono ( $Z = 6$ ) pode ser encontrado na forma de grafite ou diamante, entre outras. Com oxigênio molecular ( $Z = 8$ ), a combustão da grafite ou do diamante pode produzir monóxido e / ou dióxido de carbono. Sobre esse assunto, é correto afirmar que

01. grafite e diamante são variedades alotrópicas do carbono. A diferença entre elas está nas ligações químicas que os átomos de carbono realizam em cada substância.
02. grafite, diamante e dióxido de carbono são substâncias simples. Nessas substâncias encontramos somente ligações covalentes.
04. no diamante, o carbono apresenta orbitais híbridos do tipo  $sp^3$ , enquanto que na grafite os orbitais são do tipo  $sp^2$ .
08. o oxigênio apresenta o mesmo estado de oxidação nas moléculas de monóxido e de dióxido de carbono. Por outro lado, o carbono está mais oxidado na molécula do dióxido de carbono do que no monóxido de carbono.
16. todas as substâncias mencionadas no texto anterior são covalentes apolares.

Soma ( )

**07.** (UEL-PR) O ozônio próximo à superfície é um poluente muito perigoso, pois causa sérios problemas respiratórios e também ataca as plantações através da redução do processo da fotossíntese. Um possível mecanismo que explica a formação de ozônio nos grandes centros urbanos é através dos produtos da poluição causada pelos carros, representado pela equação química a seguir:



Estudos experimentais mostram que essa reação ocorre em duas etapas:

- I.  $NO_{2(g)} \xrightarrow{\text{Luz}} NO_{(g)} + O$  (lenta)
- II.  $O_{2(g)} + O \rightarrow O_{3(g)}$  (rápida)

Com relação às espécies químicas envolvidas nas reações de formação do ozônio no ar atmosférico, é correto afirmar.

**Dados os números atômicos:**  $N = 7$  e  $O = 8$ .

- A) As substâncias  $NO_2$  e  $NO$  apresentam número ímpar de elétrons.
- B)  $O_2$  e  $O_3$  são substâncias polares.
- C)  $O_3$  é menos reativo que o  $O_2$  por ser mais iônico.
- D) O oxigênio atômico é muito estável e por isso ataca com facilidade o  $O_2$ .
- E) O  $NO_2$  apresenta 3 ligações covalentes simples.

**08.** (UnB-DF) O Prêmio Nobel de Química de 1996 foi outorgado aos três químicos que descobriram mais uma forma alotrópica de carbono, a primeira molecular: o buckminsterfulereno ( $C_{60}$ ), uma das substâncias conhecidas como fulerenos. [...] Experimentos de vaporização de grafite enopada com cloreto de lantânio levaram à obtenção do íon  $C_{60}La^+$ .

OS FULERENOS e sua espantosa geometria molecular.  
*Química Nova na Escola*, n. 4, nov. 1996  
(Adaptação).

Com auxílio do texto, julgue os itens a seguir:

- ( ) Os fulerenos são formados por ligações covalentes.
- ( ) Íons como o  $C_{60}La^+$  ligam-se a outros íons por meio de ligações covalentes.
- ( ) No cloreto de lantânio, o lantânio está oxidado.
- ( ) O cloreto de lantânio é um sal.
- ( ) Assim como o carbono, os gases raros ou nobres também podem formar compostos.
- ( ) O grafite e o diamante são substâncias moleculares.

**09.** (PUC Minas) Relacione cada substância com as propriedades.

Substância

- Diamante
- Ouro
- $CO_2$
- $CaF_2$
- $H_2O_2$

Propriedades

- ( ) Insolúvel, sólido, bom condutor de corrente elétrica.
- ( ) Apolar com ligações polares.
- ( ) Cristal covalente de ponto de fusão e dureza elevados.
- ( ) Apresenta ligações polares e apolares.
- ( ) Sólido, solúvel em água, altos pontos de fusão e ebulição.

Assinale a associação correta encontrada:

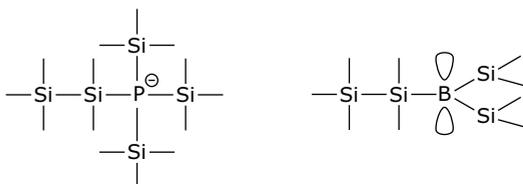
- A) 4 - 5 - 1 - 3 - 2
- B) 5 - 4 - 3 - 2 - 1
- C) 3 - 2 - 5 - 4 - 1
- D) 2 - 3 - 1 - 5 - 4
- E) 3 - 2 - 1 - 5 - 4

10. (Unimontes-MG) Quatro amostras foram analisadas, a fim de serem identificadas suas propriedades iônicas ou covalentes. A tabela a seguir relaciona as propriedades investigadas e os resultados obtidos.

Amostra	Aspecto físico	Ponto de fusão / °C	Condução de corrente elétrica (25 °C)	Solubilidade em água (25 °C)
I	Lâmina de cor	660	Sim	Não
II	Pó preto	3 700	Sim	Não
III	Pó fino, branco de higroscópico	808	Não	Sim
IV	Pó branco granulado	184	Não	Sim

Analisando os dados da tabela apresentada, conclui-se que

- A) II é um sólido iônico.  
 B) I é um sólido covalente.  
 C) IV tem caráter metálico.  
 D) III é um composto iônico.
11. (UFG-GO) Diodos são componentes eletrônicos, comumente representados, nos circuitos elétricos, pelo símbolo , permitindo o fluxo de elétrons apenas no sentido oposto ao indicado pela seta. Eles são construídos pela justaposição de dois semicondutores, um do tipo n, outro do tipo p. Um dispositivo semicondutor é, em geral, uma camada de silício "dopado" com átomos de outro elemento químico, que o deixa com excesso ou com deficiência de cargas negativas (semicondutor tipo n ou tipo p, respectivamente), como representado a seguir:



- A) Explique por que o fósforo produz um semicondutor tipo n e o boro, tipo p.  
 B) Explique por que diodos conduzem corrente elétrica em um único sentido.

## GABARITO

01. D  
 02. Soma = 53  
 03. Soma = 27  
 04. E  
 05. B  
 06. Soma = 13  
 07. A  
 08. V F V V V F  
 09. D  
 10. D
11. A) O fósforo, ao realizar quatro ligações, fica com um elétron livre, produzindo, assim, um semicondutor tipo n (excesso de cargas negativas). O boro, como fica com um orbital vazio, produz um semicondutor tipo p (deficiência de cargas negativas).  
 B) Os elétrons fluem apenas do material n para o material p, ou seja, do semicondutor com elétrons livres para o semicondutor com deficiência de elétrons.

## MÓDULO 11

### GEOMETRIA MOLECULAR E POLARIDADE DAS MOLÉCULAS

01. (UFMT) A Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos sustenta: ao redor do átomo central, pares eletrônicos ligantes e não ligantes se repelem, tendendo a ficar tão afastados quanto possível. De acordo com essa teoria, quais estruturas podem ser previstas para as moléculas de SF<sub>6</sub>, PCl<sub>5</sub>, CH<sub>4</sub>, respectivamente?
- A) Tetraédrica, bipirâmide trigonal e octaédrica  
 B) Octaédrica, bipirâmide trigonal e tetraédrica  
 C) Bipirâmide trigonal, tetraédrica e tetraédrica  
 D) Tetraédrica, tetraédrica e octaédrica  
 E) Octaédrica, tetraédrica e bipirâmide trigonal
02. (UFRGS-RS) Segundo a Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência, a estrutura mais provável de uma molécula de fórmula AX<sub>4</sub>, com dois pares eletrônicos isolados, é
- A) quadrado planar com pares eletrônicos isolados acima e abaixo do plano.  
 B) tetraédrica.  
 C) octaédrica, com pares isolados em posição equatorial.  
 D) trigonal plana com pares eletrônicos isolados acima e abaixo do plano.  
 E) bipiramidal pentagonal com pares eletrônicos isolados em posição equatorial.
03. (Vunesp) Indique a geometria das substâncias PH<sub>3</sub> e BF<sub>4</sub><sup>-</sup>.

- 04.** (UEA-AM) A água tem propriedades únicas que a tornam indispensável à vida na Terra. Essas propriedades decorrem das características de suas moléculas, que apresentam
- ligações covalentes entre os átomos, geometria angular e são apolares.
  - ligações covalentes entre os átomos, geometria linear e são polares.
  - ligações covalentes entre os átomos, geometria angular e são polares.
  - ligações iônicas entre os átomos, geometria linear e são apolares.
  - ligações iônicas entre os átomos, geometria angular e são polares.

- 05.** (UNIRIO-RJ) Está em andamento na cidade de Unterhaching o maior projeto de energia geotérmica da Alemanha [...]. A tecnologia inovadora [...] utiliza uma mistura de amônia e água para a produção do vapor que moverá as turbinas.

FOLHA ONLINE, 2004.

A molécula de amônia possui ângulos das ligações H—N—H de  $107,3^\circ$ . Esse ângulo irá determinar a sua estrutura espacial (geometria), bem como a sua polaridade.

Em vista disso, descreva a geometria da molécula de amônia, a sua polaridade e sugira o tipo de hibridização que o átomo de nitrogênio possui nessa molécula.

- 06.** (UFPE) O elemento fósforo ( $Z = 15$ ) forma com o elemento cloro ( $Z = 17$ ) as moléculas de tricloreto de fósforo e de pentacloreto de fósforo. Sobre esses compostos, podemos dizer que
- o tricloreto de fósforo é uma molécula apolar, enquanto que o pentacloreto é polar.
  - as ligações entre fósforo e cloro são todas do tipo  $\sigma$  no tricloreto de fósforo, e do tipo  $\pi$  no pentacloreto.
  - o cloro, nesses compostos, apresenta 10 elétrons de valência.
  - a hibridização do fósforo é a mesma em ambos os compostos.
  - nenhum desses compostos apresenta geometria plana.
- 07.** (PUC Minas) A gasolina gelatinizada contendo fósforo branco foi lançada em pessoas e em casas durante a Guerra do Vietnã. Após a evaporação da gasolina, as casas incendiavam. As pessoas sofriam queimaduras dolorosas. Mergulhavam-se nas águas para evitar a ação do componente provocador das queimaduras. Logo que a água evaporava do corpo, a ação do elemento incendiário voltava a se manifestar.

Conforme o que foi exposto anteriormente, é correto concluir, exceto

- Gasolina e fósforo branco são apolares.
  - A reação da gasolina com o fósforo branco provoca incêndio e queimaduras.
  - O fósforo branco reage com o oxigênio do ar.
  - A água não reage com o fósforo branco.
  - O fósforo branco é apolar e a água, polar.
- 08.** (UFC-CE) O  $CCl_4$  e o  $SiCl_4$ , apesar de serem compostos com semelhanças em suas geometrias e na hibridização do átomo central, possuem reatividades bastante diferentes. Um deles, por exemplo, reage com água, enquanto o outro não reage. A primeira etapa dessa reação é a formação de uma espécie na qual o oxigênio da água se liga ao átomo central por meio de uma ligação coordenada. Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.
- O  $CCl_4$ , por ser uma espécie bastante polar, reage com a molécula de água, enquanto o  $SiCl_4$ , apolar, não reage.
  - A maior eletronegatividade do átomo de silício, em relação ao carbono, faz com que o  $SiCl_4$  não reaja com água.
  - A presença de orbitais d vazios na camada de valência do Si faz com que o  $SiCl_4$  reaja com a molécula de  $H_2O$ .
  - Como o átomo de carbono no  $CCl_4$  não obedece à regra do octeto, o mesmo pode receber elétrons da água em sua camada de valência.
  - As ligações apolares na molécula de  $SiCl_4$  fazem com que a mesma reaja com a água, formando uma espécie intermediária com geometria octaédrica.

## GABARITO

- B
- A
- $PH_3 \Rightarrow$  piramidal  
 $BF_4^- \Rightarrow$  tetraédrica
- C
- A molécula da amônia tem geometria piramidal, com hibridização  $sp^3$  no nitrogênio, e trata-se de uma molécula polar.
- E
- B
- C

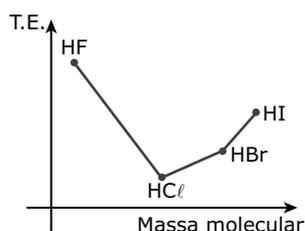
## MÓDULO 12

INTERAÇÕES  
INTERMOLECULARES

01. (UFRGS-RS) A intensificação das interações intermoleculares ocorre quando

- A) a água entra em ebulição.
- B) o vapor de água sofre condensação.
- C) a água, a altas temperaturas, decompõe-se em oxigênio e hidrogênio.
- D) o vapor de água é aquecido.
- E) o gelo sofre fusão.

02. (UFSM-RS) A temperatura de ebulição das substâncias normalmente aumenta à medida que aumenta a sua massa molecular. Analisando-se o gráfico, que mostra a temperatura de ebulição (T.E.) de ácidos halogenídricos, percebe-se que o HF tem um comportamento anômalo. Esse comportamento do ácido fluorídrico pode ser atribuído a(à)



- A) fortes ligações covalentes entre os átomos.
- B) formação de cristais covalentes.
- C) interações do tipo forças de Van der Waals.
- D) interações do tipo ligações de hidrogênio.
- E) fortes ligações iônicas entre os átomos.

03. (UFV-MG) A variação da temperatura de ebulição para os hidretos está relacionada com a massa molar e com as interações intermoleculares. Na tabela a seguir, estão representadas as temperaturas de ebulição e as massas molares dos compostos  $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $H_2Se$  e  $H_2Te$ .

Composto	T.E. / °C	Massa molar / g.mol <sup>-1</sup>
$H_2O$	100	18,0
$H_2S$	-60	34,0
$H_2Se$	-42	81,0
$H_2Te$	-2	129,6

Assinale a alternativa que contém a justificativa da variação da temperatura de ebulição para esses hidretos.

- A) A maior temperatura de ebulição do  $H_2S$ , em relação à do  $H_2Te$ , se deve a sua maior massa molar.

- B) A maior temperatura de ebulição da  $H_2O$ , em relação à do  $H_2Te$ , se deve à formação de ligações de hidrogênio.
- C) A maior temperatura de ebulição do  $H_2S$ , em relação à do  $H_2Se$ , se deve à formação de ligações de hidrogênio.
- D) A maior temperatura de ebulição da  $H_2O$ , em relação à do  $H_2S$ , se deve a sua menor massa molar.

04. (PUC Minas) Assinale a substância na qual é mais provável que a ligação de hidrogênio tenha papel importante na determinação das propriedades físicas.

- A) Etano ( $CH_3CH_3$ )
- B) Hidroxilamina ( $NH_2OH$ )
- C) Fluoreto de etila ( $CH_3CH_2F$ )
- D) Sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ )

05. (PUCPR) As festas e os eventos têm sido incrementados com o efeito de névoa intensa do "gelo seco", o qual é constituído de gás carbônico solidificado. A respeito do fato, pode-se afirmar:

- A) A névoa nada mais é que a liquefação do gás carbônico pela formação das forças intermoleculares.
- B) O gelo seco é uma substância composta e encontra-se na natureza no estado líquido.
- C) O gelo seco é uma mistura de substâncias adicionadas ao gás carbônico e, por essa razão, a mistura se solidifica.
- D) Na solidificação do gás carbônico, ocorre a formação de forças intermoleculares dipolo-dipolo.
- E) Sendo a molécula de  $CO_2$  apolar, a atração entre as moléculas se dá por dipolo instantâneo-dipolo induzido.

06. (UFAC) Entre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes indicadores da qualidade de água. O oxigênio é fundamental à sobrevivência dos organismos aquáticos. Além dos peixes, as bactérias aeróbicas consomem o oxigênio dissolvido para oxidar matéria orgânica (biodegradável). A disponibilidade do oxigênio, em meio aquático, é baixa em virtude da sua limitada solubilidade em água, devido às fracas interações intermoleculares entre as moléculas do gás (apolares) e as moléculas de água (polares). O lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, ricos em matéria orgânica, nos corpos-d'água, ocasiona uma maior taxa de respiração de micro-organismos, causando uma substancial redução do oxigênio dissolvido. As interações intermoleculares, existentes entre a água e o gás oxigênio nela dissolvido, são do tipo

- A) ligações de hidrogênio.
- B) dipolo-induzido.
- C) covalentes.
- D) dipolo-dipolo.
- E) iônica.

**07.** (UFU-MG) O bromo, líquido castanho-avermelhado formado por moléculas apolares, ataca a pele do ser humano, causando feridas que cicatrizam muito lentamente. Do grupo 17 da tabela periódica, à temperatura ambiente, esse é o único líquido.

Em relação ao bromo, assinale a alternativa correta.

- A) O bromo líquido é muito solúvel em água.  
 B) Uma solução de bromo em tetracloreto de carbono não conduz corrente elétrica.  
 C) A intensa força de atração que atua entre as moléculas faz com que o bromo líquido tenha elevado ponto de fusão e ebulição.  
 D) As forças de atração que atuam entre as moléculas de bromo são do tipo dipolo-dipolo.

**08.** (UFRGS-RS) O Prêmio Nobel de Química 2017 foi concedido aos pesquisadores Joachim Frank, Richard Henderson e Jacques Dubochet pelo desenvolvimento da técnica de microscopia eletrônica criogênica, permitindo a visualização tridimensional de biomoléculas. A técnica consiste no resfriamento rápido, abaixo de  $-135\text{ }^{\circ}\text{C}$ , da água intracelular, levando à formação de um sólido não cristalino, denominado "água vitrificada".

Considere as afirmações a seguir, sobre os estados físicos da água.

- I. A água, na temperatura ambiente, é líquida devido às ligações de hidrogênio entre suas moléculas.  
 II. A água, abaixo de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cristaliza, mantendo a mesma densidade da água líquida.  
 III. O resfriamento rápido da água, empregado no método da microscopia eletrônica criogênica, evita a formação de cristais e mantém a integridade celular.

Quais estão corretas?

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

**09.** (UFOP-MG) A temperatura de ebulição dos halogênios varia da seguinte maneira:  $F_2 < Cl_2 < Br_2 < I_2$ . Em relação a essas moléculas, é incorreto afirmar:

- A) Entre as substâncias apolares, os pontos de ebulição crescem à medida que crescem as massas moleculares.  
 B) Entre as substâncias apolares, os pontos de ebulição crescem à medida que cresce o número de elétrons das suas moléculas.  
 C) A polarização por indução, isto é, o dipolo induzido, é mais forte nas moléculas com maior número de elétrons.  
 D) Dos haletos de hidrogênio, o único que não apresenta interações de hidrogênio é o HF.

**10.** (UFMG) Observe as formas de uma gota de água e de uma gota de dodecano,  $CH_3(CH_2)_{10}CH_3$ , colocadas sobre uma superfície de polietileno, um polímero de fórmula  $\cdots-[CH_2CH_2]_n\cdots$ , mostradas nesta figura:



- A) Considerando as interações intermoleculares entre a água e a superfície do polietileno e as interações das moléculas de água entre si, justifique o fato de a gota de água apresentar uma pequena área de contato com o polietileno.  
 B) Considerando as interações intermoleculares entre o dodecano e a superfície do polietileno e as interações das moléculas de dodecano entre si, justifique o fato de a gota de dodecano apresentar uma grande área de contato com o polietileno.  
 C) Nesta figura, está representada uma gota de água depositada sobre uma superfície de vidro limpo:



Indique se, nesse caso, a superfície do vidro apresenta características polares ou apolares.

## GABARITO

- |       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 01. B | 04. B | 07. B |
| 02. D | 05. E | 08. D |
| 03. B | 06. B | 09. D |

10. A) As interações entre as moléculas polares de água (ligações de hidrogênio) são mais intensas, energeticamente mais estáveis, que as interações entre essas moléculas e as moléculas apolares do polietileno (dipolos induzidos ou temporários). Portanto, as moléculas de água ficam mais próximas entre si que da superfície do polietileno, apresentando pequena área de contato.  
 B) As interações entre as moléculas apolares de dodecano (dipolos induzidos ou temporários) são menos intensas que as interações entre essas moléculas e as moléculas apolares do polietileno (dipolos induzidos ou temporários). Portanto, a gota tende a apresentar grande área de contato com a superfície de polietileno.  
 C) Polares.

## Caderno Extra

### MÓDULO 09

#### INTRODUÇÃO À TERMOQUÍMICA

- 01.** (Mackenzie-SP) A preocupação com a qualidade e com o tempo de vida leva o homem moderno urbano a manter uma dieta alimentar adequada, acompanhada de exercícios físicos corretos.

Considere que, para Pedro, o valor energético adequado, consumido por almoço, seja de 700 kcal de alimentos.

Considere, ainda, que Pedro, no almoço, ingira 100 g de arroz, 100 g de feijão, 150 g de bife, 50 g de batata frita e 20 g de ovo, além de uma lata de refrigerante.

Consultando a tabela, pode-se afirmar que, para consumir o excesso energético ingerido, Pedro deve correr

Alimento	Energia (kcal/g)
Arroz	3,6
Feijão	3,4
Bife	3,8
Batata frita	1,4
Ovo	1,6

**Considere:**

- Lata de refrigerante → 48 kcal.
  - Energia consumida em corrida → 1 080 kcal/hora.
- A) 80 minutos.  
B) 40 minutos.  
C) 30 minutos.  
D) 60 minutos.  
E) 90 minutos.

- 02.** (UERJ)

Combustível	
Nome	Calor liberado em kcal na queima de 1 mol no estado gasoso
Etano	372
Eteno	337
Etino	310
Metano	212

O poder calorífico de um combustível pode ser definido como o calor produzido na queima por unidade de massa. Entre os combustíveis apresentados, aquele que possui o maior poder calorífico é o

- A) etino.  
B) etano.  
C) eteno.  
D) metano.

- 03.** (UFSM-RS) Com relação aos processos de mudança de estado físico de uma substância, pode-se afirmar que são endotérmicos

- A) vaporização, solidificação, liquefação.  
B) liquefação, fusão, vaporização.  
C) solidificação, fusão, sublimação.  
D) solidificação, liquefação, sublimação.  
E) sublimação, fusão, vaporização.

- 04.** (FMTM-MG) O suor é algo natural e necessário para o ser humano. Quando praticamos alguma atividade física ou quando a temperatura corpórea se eleva além da normal, transpiramos para manter a temperatura do corpo estável. Para evaporar 1 mol de água, são necessárias 2,5 kcal de calor. Desconsiderando os íons presentes no suor, ao se evaporar 9 mL de água eliminada na transpiração, a quantidade de calor

**Dados:** Densidade da água = 1 g.mL<sup>-1</sup>.  
Massa molar H<sub>2</sub>O = 18 g.mol<sup>-1</sup>.

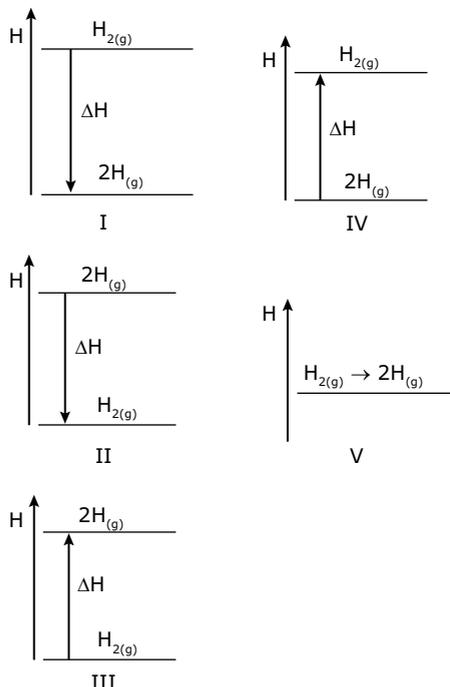
- A) liberada é 22,5 kcal.  
B) absorvida é 9 kcal.  
C) liberada é 1,25 kcal.  
D) liberada é 9 kcal.  
E) absorvida é 1,25 kcal.

05. (UEL-PR)



Dado: Massa molar do H = 1 g.mol<sup>-1</sup>

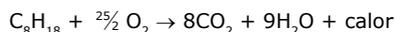
Considere os seguintes diagramas da variação de entalpia para a reação anterior:



Qual dos diagramas corresponde à reação?

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

06. (UEM-PR) Admitindo-se que a reação



se complete no sentido indicado, assinale a alternativa correta.

- A) Há menos energia armazenada nos produtos do que nos reagentes.  
 B) A quantidade de calor liberada independe do estado físico dos produtos.  
 C) Trata-se de uma reação endotérmica.  
 D) A quantidade de energia liberada independe da massa de reagentes.  
 E) A combustão de 228 g de C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> produz 352 g de CO<sub>2</sub>.

07. (Mackenzie-SP) A composição química do cimento, embora varie, consiste, de um modo geral, de uma mistura de óxidos de cálcio, alumínio, magnésio, sódio, potássio e silício. Na mistura de cimento com água e areia, que tem uma consistência pastosa e é chamada de argamassa, ocorrem reações químicas, com aumento de temperatura da argamassa. A respeito da descrição feita, fazem-se as afirmações:

Dados os grupos:

- Na e K (1A ou 1)
  - Ca e Mg (2A ou 2)
  - Al (3A ou 13)
  - Si (4A ou 14)
  - O (6A ou 16)
- I. As substâncias que formam o cimento têm fórmula geral E<sub>x</sub>O<sub>y</sub>.
- II. Na argamassa, ocorrem reações exotérmicas.
- III. O óxido de cálcio pode reagir com o gás carbônico do ar, produzindo carbonato de cálcio.
- IV. As reações de hidratação e hidrólise, que ocorrem na argamassa, são endotérmicas.

Das afirmações, estão corretas

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

## GABARITO

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

## MÓDULO 10

### CALORES DE REAÇÃO

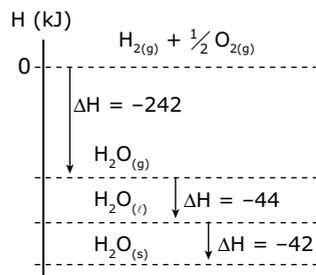
01. (Mackenzie-SP) A queima de 4,0 kg de metano (CH<sub>4</sub>) liberou 53 200 kcal. O calor de combustão de um mol de metano é igual a

- Dada a massa molar do metano: 16 g.mol<sup>-1</sup>.
- A) 13 300 kcal.  
 B) 0,66 kcal.  
 C) 212,8 kcal.  
 D) 13,3 kcal.  
 E) 212 800 kcal.

02. (UFMG) Na comparação entre combustíveis, um dos aspectos a ser levado em conta é o calor liberado em sua queima. Um outro é o preço. Considere a tabela.

Combustível	$\Delta H^\circ$ combustão
Hidrogênio molecular	-242 kJ.mol <sup>-1</sup>
Álcool (etanol)	-1 230 kJ.mol <sup>-1</sup>
Gasolina (composição C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> )	-5 110 kJ.mol <sup>-1</sup>

- A) Escreva as equações químicas correspondentes à combustão completa dessas substâncias.
- B) Calcule a energia liberada na combustão completa de 1,0 kg de hidrogênio e de 1,0 kg de álcool. A energia liberada na combustão da gasolina é 44 800 kJ.kg<sup>-1</sup>. Sob o ponto de vista energético, qual dos três combustíveis é o mais eficiente, por quilograma consumido?
- C) Gasolina e álcool têm sido muito usados no Brasil como combustíveis. A queima de 1,0 litro de gasolina libera 31 300 kJ. Sabendo-se que a densidade do álcool é 0,80 kg.L<sup>-1</sup>, calcule a energia liberada por 1,0 litro de álcool. Qual dos dois combustíveis é o mais econômico, considerando que o preço do álcool é aproximadamente 65% do preço da gasolina?
03. (UFLA-MG) Com base no conceito de entalpia de formação (H) e dado o diagrama de entalpia de formação de H<sub>2</sub>O a seguir, a alternativa incorreta é:

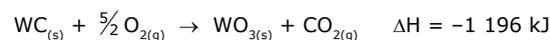


- A) A entalpia de formação de H<sub>2</sub>O<sub>(s)</sub> é 42 kJ.
- B) O processo de formação de 1 mol de H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub> libera 286 kJ de energia.
- C) A quantidade de energia envolvida na formação de H<sub>2</sub>O<sub>(l)</sub> depende da quantidade de reagente utilizado.
- D) As substâncias simples H<sub>2(g)</sub> e O<sub>2(g)</sub> no estado padrão possuem entalpia igual a zero.
- E) O calor liberado na solidificação do vapor-d'água é 86 kJ.
04. (UNIFESP) A solubilidade da sacarose em água acontece devido à formação de forças intermoleculares do tipo \_\_\_\_\_ que ocorrem entre essas moléculas. Esse dissacarídeo, quando hidrolisado por ação de soluções aquosas de ácidos diluídos ou pela ação da enzima invertase, resulta em glicose e frutose. A combustão de 1 mol de glicose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) libera \_\_\_\_\_ kJ de energia. Considere os dados da tabela e responda.

Substância	$\Delta H^\circ$ , (kJ/mol)
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6(s)</sub>	-1 268
H <sub>2</sub> O <sub>(l)</sub>	-286
CO <sub>2(g)</sub>	-394

As lacunas do texto podem ser preenchidas corretamente por

- A) dipolo-dipolo e 2 812.
- B) dipolo-dipolo e 588.
- C) ligações de hidrogênio e 2 812.
- D) ligações de hidrogênio e 588.
- E) ligações de hidrogênio e 1 948.
05. (Unimontes-MG) O carreto de tungstênio (WC) reage com excesso de oxigênio, como mostra a equação a seguir, com o respectivo valor de variação de entalpia da reação, a 300 K.



A partir dos  $\Delta H$ 's de combustão dos elementos carbono (C) e tungstênio (W), a 300 K, que são -393,5 kJ e -837,5 kJ, respectivamente, o valor da entalpia de formação do WC, em kJ, é

- A) +1 231.
- B) +1 266.
- C) -1 231.
- D) -35.
06. (Unicamp-SP) O nadador Michael Phelps surgiu na Olimpíada de Beijing como um verdadeiro fenômeno, tanto pelo seu desempenho quanto pelo seu consumo alimentar. Divulgou-se que ele ingere uma quantidade diária de alimentos capaz de lhe oferecer uma energia de 50 MJ. Quanto disso é assimilado, ou não, é uma incógnita. Só no almoço, ele ingere um pacote de macarrão de 500 gramas, além de acompanhamentos.
- A) Suponha que o macarrão seja constituído essencialmente de glicose (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>), e que, no metabolismo, toda essa glicose seja transformada em dióxido de carbono e água. Considerando-se apenas o metabolismo do macarrão diário, qual é a contribuição do nadador para o efeito estufa, em gramas de dióxido de carbono?
- B) Qual é a quantidade de energia, em kJ, associada à combustão completa e total do macarrão (glicose) ingerido diariamente pelo nadador?

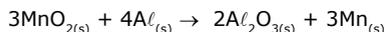
**Dados de entalpia de formação em kJ.mol<sup>-1</sup>:**

Glicose = -1 274

Água = -242

Dióxido de carbono = -394

- 07.** (UEL-PR) A pirolusita é um dos mais importantes minérios que contém o dióxido de manganês (MnO<sub>2</sub>). Na indústria metalúrgica, o manganês puro pode ser obtido por processo térmico a partir da pirolusita, através da reação



Entalpias de formação a 25 °C e 1 atm em kJ.mol<sup>-1</sup>:



Massa molar (g.mol<sup>-1</sup>): Mn = 55,0

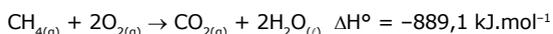
Com base nessas informações, é correto afirmar que na produção de 11,0 g de manganês puro, a partir das entalpias de formação das substâncias, ocorre

- A) absorção de 358 kJ de energia.
- B) liberação de 358 kJ de energia.
- C) absorção de 119 kJ de energia.
- D) liberação de 119 kJ de energia.
- E) liberação de 146 kJ de energia.

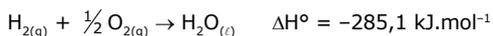
- 08.** (FMTM-MG) A sacarose, C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>, é a grande inimiga das pessoas que buscam alimentos de baixas calorias. A combustão completa de 1 mol de sacarose libera 5 645 kJ de calor. Dadas as entalpias de combustão do carbono grafite (-394 kJ.mol<sup>-1</sup>) e do gás hidrogênio (-286 kJ.mol<sup>-1</sup>), a entalpia de formação da sacarose, em kJ.mol<sup>-1</sup>, é igual a

- A) -4 965.
- B) -2 229.
- C) +2 229.
- D) +4 965.
- E) +6 325.

- 09.** (UFV-MG) A equação a seguir representa a variação da entalpia de combustão (ΔH°) do metano.



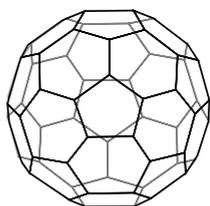
Os valores de ΔH° de formação do CO<sub>2</sub> e da H<sub>2</sub>O são:



O ΔH° de formação, em kJ.mol<sup>-1</sup>, do metano é

- A) -210,4.
- B) -781,6.
- C) -1 067,2.
- D) -75,2.

- 10.** (UFSCar-SP) O prêmio Nobel de Química de 1996 foi atribuído à descoberta da molécula C<sub>60</sub>, com forma de bola de futebol, apresentada na figura a seguir.

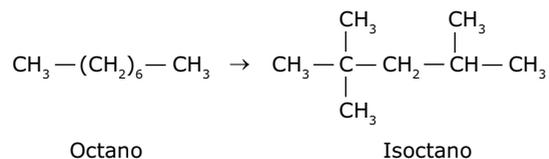


Seguindo a descoberta dos fulerenos, os nanotubos de carbono foram sintetizados. Esses avanços estão relacionados à promissora área de pesquisa que é a nanotecnologia. No C<sub>60</sub>, cada átomo de carbono está ligado a outros 3 átomos. Dadas as entalpias padrão de formação do C<sub>60(s)</sub> (ΔH°<sub>f</sub> = +2 300 kJ.mol<sup>-1</sup>) e do CO<sub>2(g)</sub> (ΔH°<sub>f</sub> = -390 kJ.mol<sup>-1</sup>), a entalpia de combustão completa, em kJ.mol<sup>-1</sup>, e a razão entre o número de ligações simples e duplas no C<sub>60</sub> são, respectivamente, iguais a

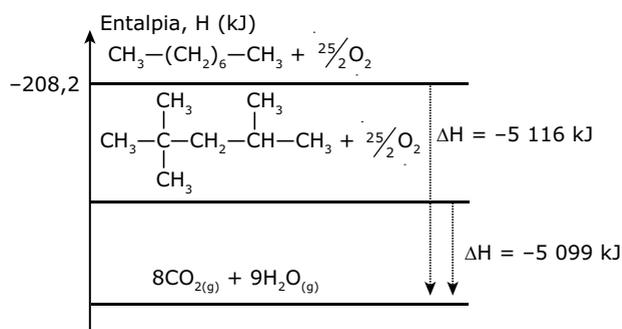
- A) -1 910 e 3.
- B) -1 910 e 2.
- C) -21 100 e 3.
- D) -25 700 e 3.
- E) -25 700 e 2.

- 11.** (PUC RS) Responda à questão a seguir com base nas seguintes informações:

A gasolina, combustível obtido a partir do craqueamento do petróleo, é constituída de hidrocarbonetos de cadeia longa e flexível, entre eles o octano. A qualidade da gasolina pode ser melhorada pela conversão de parte do octano em isoctano, conforme representado a seguir:



A conversão do octano em isoctano e as entalpias de combustão dos dois hidrocarbonetos estão representadas no diagrama a seguir:



Pela análise do diagrama, conclui-se que a entalpia de formação do isoctano é de \_\_\_\_\_ kJ.mol<sup>-1</sup>, e que a conversão do octano em isoctano ocorre com \_\_\_\_\_ de energia.

- A) +225,2 - absorção
- B) -225,2 - absorção
- C) -225,2 - liberação
- D) -17,0 - liberação
- E) +17,0 - absorção

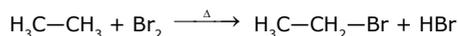
## GABARITO

01. C
02. A)  $H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(l)}$   
 $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$   
 $C_8H_{18(l)} + \frac{25}{2} O_{2(g)} \rightarrow 8CO_{2(g)} + 9H_2O_{(l)}$
- B) Hidrogênio: 121 000 kJ.kg<sup>-1</sup>  
 Álcool: 26 740 kJ.kg<sup>-1</sup>  
 Gasolina: 44 800 kJ.kg<sup>-1</sup>
- O hidrogênio é mais eficiente do ponto de vista energético.
- C) 21 391 kJ.L<sup>-1</sup>. O álcool é mais econômico, pois o seu preço por kJ é menor.
03. A
04. C
05. D
06. A) 733 g de CO<sub>2</sub>  
 B) 7 061 kJ
07. D
08. B
09. D
10. E
11. C

## MÓDULO 11

### ENERGIA DE LIGAÇÃO E LEI DE HESS

01. (Mackenzie-SP)



Na monobromação do etano, a energia liberada na reação é

**Dados:** Energia de ligação em kcal.mol<sup>-1</sup> (25 °C);

C—Br = 68; C—H = 99; Br—Br = 46; H—Br = 87.

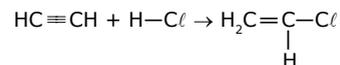
- A) 31 kcal.mol<sup>-1</sup>.                      D) 20 kcal.mol<sup>-1</sup>.  
 B) 22 kcal.mol<sup>-1</sup>.                      E) 10 kcal.mol<sup>-1</sup>.  
 C) 41 kcal.mol<sup>-1</sup>.

02. (Mackenzie-SP)  $C_2H_{4(g)} \rightarrow 2C_{(g)} + 4H_{(g)}$   $\Delta H = +542$  kcal.mol<sup>-1</sup>

Na reação representada pela equação anterior, sabe-se que a energia da ligação C—H é igual a 98,8 kcal.mol<sup>-1</sup>. O valor da energia de ligação C=C, em kcal.mol<sup>-1</sup>, é

- A) 443,2.                                      D) 73,4.  
 B) 146,8.                                      E) 293,6.  
 C) 344,4.

03. (Mackenzie-SP)



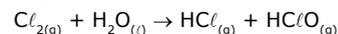
Dadas as energias de ligação em kJ.mol<sup>-1</sup> (valores absolutos):

H—Cℓ	H—C	C=C	C—Cℓ	C≡C
431,8	413,4	614,2	327,2	833,4

O calor, em kJ.mol<sup>-1</sup>, da reação anterior equacionada é

- A) +323,8.                      C) -521,4.                      E) +104,6.  
 B) -431,8.                      D) -89,6.

04. (UNIRIO-RJ) O gás cloro, amarelo-esverdeado, é altamente tóxico. Ao ser inalado, reage com a água existente nos pulmões, formando ácido clorídrico (HCl), um ácido forte capaz de causar graves lesões internas, conforme a seguinte reação:

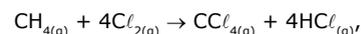


Utilizando os dados constantes na tabela a seguir, marque a opção que contém o valor correto da variação de entalpia verificada, em kJ.mol<sup>-1</sup>.

Ligação	Energia de ligação (kJ.mol <sup>-1</sup> ; 25 °C e 1 atm)
Cl—Cl	243
H—O	464
H—Cl	431
Cl—O	205

- A) +104                      C) +52                      E) -104  
 B) +71                      D) -71

05. (UNIFEI-MG) Considerando os dados de entalpia de ligação a seguir, o calor associado (kJ.mol<sup>-1</sup>) à reação



à pressão constante, deverá ser

**Dados:**

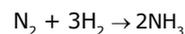
C—H = 414 kJ.mol<sup>-1</sup>, H—Cl = 431 kJ.mol<sup>-1</sup>,  
 Cl—Cl = 243 kJ.mol<sup>-1</sup>, C—Cl = 331 kJ.mol<sup>-1</sup>.

- A) +420 kJ.mol<sup>-1</sup>.                      C) -105 kJ.mol<sup>-1</sup>.  
 B) +105 kJ.mol<sup>-1</sup>.                      D) -420 kJ.mol<sup>-1</sup>.

06. (FUVEST-SP) Dadas as seguintes energias de ligação em quilojoules por mol de ligação:

N≡N = 950 (tripla)  
 H—H = 430 (simples)  
 N—H = 390 (simples)

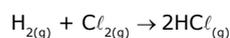
Calcule o valor da energia térmica (em quilojoule por mol de NH<sub>3</sub>) envolvida na reação representada por



07. (FUVEST-SP) Com base nos dados da tabela

Ligação	Energia de ligação (kJ.mol <sup>-1</sup> )
H—H	436
Cℓ—Cℓ	243
H—Cℓ	432

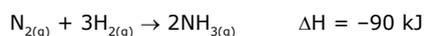
pode-se estimar que o ΔH da reação representada por



dado em kJ por mol de HCl, é igual a

- A) -92,5.
- B) -185.
- C) -247.
- D) +185.
- E) +92,5.

08. (PUC-SP) A reação de síntese da amônia, processo industrial de grande relevância para a indústria de fertilizantes e de explosivos, é representada pela equação:



A partir dos dados fornecidos, determina-se que a entalpia de ligação contida na molécula de N<sub>2</sub> (N≡N) seja igual a

**Dados:**

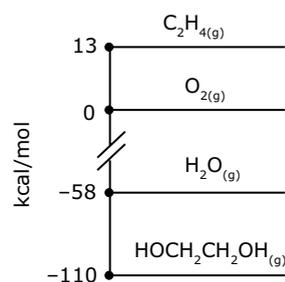
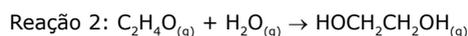
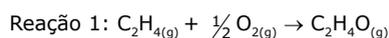
Entalpias de ligação:

H—H = 435 kJ.mol<sup>-1</sup>;

N—H = 390 kJ.mol<sup>-1</sup>.

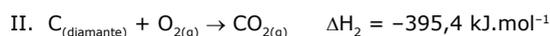
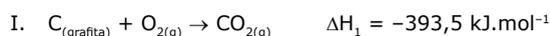
- A) 645 kJ.mol<sup>-1</sup>.
- B) 0 kJ.mol<sup>-1</sup>.
- C) 645 kJ.mol<sup>-1</sup>.
- D) 945 kJ.mol<sup>-1</sup>.
- E) 1 125 kJ.mol<sup>-1</sup>.

09. (UFRJ) O etilenoglicol (HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH) é um dos produtos de 2ª geração do COMPERJ (Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro). Ele pode ser produzido a partir do eteno, segundo as reações descritas a seguir:



- A) Sabendo que as duas reações são exotérmicas e que a reação 1 produz 25 kcal por mol de eteno reagido, e usando a escala de entalpia padrão de formação mostrada no diagrama anterior, calcule o calor envolvido na reação 2, em kcal por mol de etilenoglicol produzido.
- B) Sabendo que a energia da ligação C—H é de 100 kcal por mol de ligação e que a energia envolvida na reação  $\text{C}_2\text{H}_{4(g)} \rightarrow 2\text{C}_{(g)} + 4\text{H}_{(g)}$  é igual a 547 kcal por mol de eteno, calcule a energia da ligação C=C, em kcal.mol<sup>-1</sup>.

10. (PUC Minas) Sejam dadas as seguintes equações termoquímicas (25 °C, 1 atm):



Com base nessas equações, todas as afirmativas estão corretas, exceto

- A) A formação do CO<sub>2(g)</sub> é um processo exotérmico.
- B) A equação II libera maior quantidade de energia, pois o carbono diamante é mais estável que o carbono grafite.
- C) A combustão do carbono é um processo exotérmico.
- D) A variação de entalpia necessária para converter 1,0 mol de grafite em diamante é igual a +1,9 kJ.
- E) A reação de transformação de grafite em diamante é endotérmica.

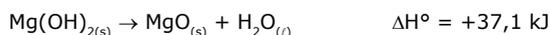
11. (UFV-MG) Chumbo metálico (Pb) pode ser obtido a partir do mineral galena. Quando a galena é aquecida na presença de ar, o sulfeto de chumbo (II), seu principal constituinte, é convertido em óxido de chumbo (II) que, numa etapa posterior, é reduzido na presença de carbono, segundo as equações a seguir:



**Dados:** Massa molar (g.mol<sup>-1</sup>): PbS = 239.

- A) Calcule a variação da entalpia (ΔH) para a obtenção de 1 mol de chumbo metálico a partir de PbS.
- B) Na conversão completa de 23,93 g de PbS em chumbo metálico, são absorvidos (ou liberados) \_\_\_\_\_ kJ.
- C) A partir de 23,93 g de PbS são obtidos \_\_\_\_\_ g de Pb.

12. (UEM-PR) Observe os dados a seguir:



Baseando-se no exposto anteriormente, a entalpia molar padrão de formação do  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(s)}$ , a 25 °C e 1 atm, é, aproximadamente,

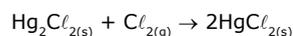
- A) +850,5 kJ.mol<sup>-1</sup>.  
 B) +37,1 kJ.mol<sup>-1</sup>.  
 C) -37,1 kJ.mol<sup>-1</sup>.  
 D) -887,6 kJ.mol<sup>-1</sup>.  
 E) -924,7 kJ.mol<sup>-1</sup>.
13. (UNIFESP) Quando o óxido de magnésio está na presença de uma atmosfera de gás carbônico, este é convertido a carbonato de magnésio.

São dadas as entalpias padrão de formação:



A formação de um mol de carbonato de magnésio, a partir do óxido de magnésio e do gás carbônico, é uma reação

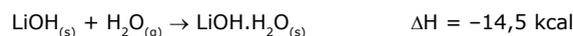
- A) endotérmica, com valor absoluto de entalpia de 100 kJ.  
 B) exotérmica, com valor absoluto de entalpia de 100 kJ.  
 C) endotérmica, com valor absoluto de entalpia de 888 kJ.  
 D) exotérmica, com valor absoluto de entalpia de 888 kJ.  
 E) endotérmica, com valor absoluto de entalpia de 1 304 kJ.
14. (UEM-PR) Nas CNTP, a entalpia de formação de 1 mol de cloreto de mercúrio (I) e 1 mol de cloreto de mercúrio (II) é de +63,3 kcal e +55,0 kcal, respectivamente (partindo-se dos elementos  $\text{Hg}_{(s)}$  e  $\text{Cl}_{2(g)}$ ). Nas mesmas condições, a entalpia da reação a seguir é de



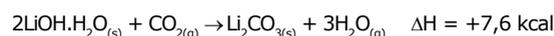
- A) +8,3 kcal.  
 B) -71,6 kcal.  
 C) -8,3 kcal.  
 D) +46,7 kcal.  
 E) +173,3 kcal.

15. (UFCG-PB) Um dos processos de controle de dióxido de carbono em atmosferas artificiais consiste na utilização do hidróxido de lítio que, após a hidratação, seguida de carbonatação, elimina o referido gás do ambiente. São apresentadas a seguir duas equações parciais que descrevem esse processo e a reação global. Faça a estimativa da quantidade de calor liberada na reação global.

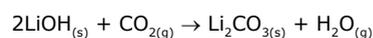
1ª Etapa:



2ª Etapa:



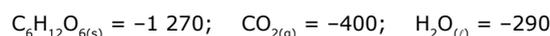
Reação global:



- A) 22,1 kcal      C) 21,4 kcal      E) 29,7 kcal  
 B) 6,9 kcal      D) 36,6 kcal

16. (Unesp) A glicose,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , um dos carboidratos provenientes da dieta, é a fonte primordial de energia dos organismos vivos. A energia provém da reação com oxigênio molecular, formando dióxido de carbono e água como produtos. Aplicando a Lei de Hess, calcule a entalpia máxima que pode ser obtida pela metabolização de um mol de glicose.

**Dados:** Entalpias molares de formação, kJ.mol<sup>-1</sup>:



17. (UFAM) Considere as seguintes reações termoquímicas, ambas na mesma temperatura:

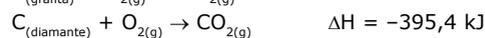
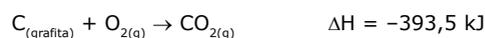


A diferença entre as quantidades termoquímicas ( $\Delta H_I - \Delta H_{II}$ ) pode ser corretamente assinalada como igual

- A) ao calor de fusão da amônia.  
 B) a zero.  
 C) ao calor de combustão da amônia.  
 D) ao calor de vaporização da amônia.  
 E) ao calor de sublimação da amônia.

18. (UFPE) A grafita natural é uma das formas alotrópicas do carbono encontradas na natureza, podendo também ser produzida industrialmente com uso de altas temperatura e pressão, a partir do coque de petróleo. Esta forma alotrópica pode ser convertida na forma  $\text{C}_{(\text{diamante})}$  com um  $\Delta H$  igual a

**Dados:**



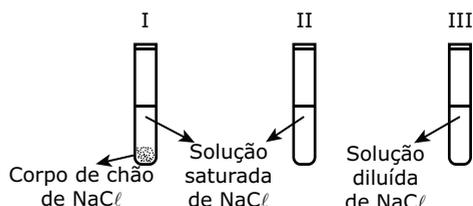
- A) +1,9 kJ.      D) +788,9 kJ.  
 B) -1,9 kJ.      E) -788,9 kJ.  
 C) -3,8 kJ.



## MÓDULO 12

## INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS SOLUÇÕES

01. (UFG-GO) Os sistemas a seguir contêm soluções aquosas de NaCl em três diferentes situações, mantidas à temperatura constante.



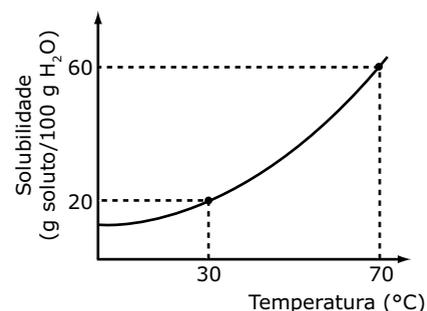
- A) Indique qual(is) sistema(s) está(ão) em equilíbrio. Justifique sua resposta.  
 B) O que ocorrerá, em cada sistema, se for adicionada uma quantidade muito pequena de NaCl sólido?

02. (UNIFESP) Uma solução contendo 14 g de cloreto de sódio dissolvidos em 200 mL de água foi deixada em um frasco aberto, a 30 °C. Após algum tempo, começou a cristalizar o soluto. Qual volume mínimo e aproximado, em mL, de água deve ter evaporado quando se iniciou a cristalização?

**Dados:**

Solubilidade, a 30 °C, do cloreto de sódio = 35 g/100 g de água; densidade da água a 30 °C = 1,0 g/mL.

- A) 20  
 B) 40  
 C) 80  
 D) 100  
 E) 160
03. (FMTM-MG) A quantidade de um líquido (soluto) que é solúvel em outro líquido (solvente) está relacionada ao limite de solubilidade. A 25 °C, o limite de solubilidade, em massa, do fenol na água é de 8%, enquanto que o da água no fenol é de 25%. Tem-se duas soluções saturadas, I e II, de água e fenol a 25 °C. A solução I tem massa de 150 g, e a água é o solvente. A solução II tem massa de 300 g, e o fenol é o solvente. Ao se misturar água e fenol com a mesma quantidade utilizada nas soluções I e II como soluto, obteremos, a 25 °C, uma mistura bifásica, que tem massa, em gramas, igual a
- A) 450.  
 B) 363.  
 C) 237.  
 D) 213.  
 E) 87.
04. (UERJ) O gráfico a seguir, que mostra a variação da solubilidade do dicromato de potássio na água em função da temperatura, foi apresentado em uma aula prática sobre misturas e suas classificações.



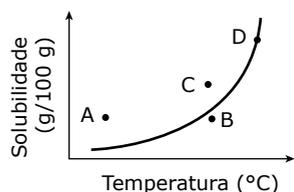
Em seguida, foram preparadas seis misturas sob agitação energética, utilizando dicromato de potássio sólido e água pura em diferentes temperaturas, conforme o esquema a seguir:

30 °C 15 g K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + 100 g H <sub>2</sub> O	30 °C 3,5 g K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + 20 g H <sub>2</sub> O	30 °C 2 g K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + 10 g H <sub>2</sub> O
70 °C 20 g K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + 100 g H <sub>2</sub> O	70 °C 32 g K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + 20 g H <sub>2</sub> O	70 °C 15 g K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + 10 g H <sub>2</sub> O

Após a estabilização dessas misturas, o número de sistemas homogêneos e o número de sistemas heterogêneos formados correspondem, respectivamente, a

- A) 5 – 1.  
 B) 4 – 2.  
 C) 3 – 3.  
 D) 1 – 5.
05. (UEFS-BA) O coeficiente de solubilidade do cloreto de sódio (NaCl) em água, a 20 °C, é cerca de 36 g/100 g. A fração em mol do soluto em uma solução aquosa saturada a essa temperatura é aproximadamente
- A) 0,1.  
 B) 0,2.  
 C) 0,3.  
 D) 0,4.  
 E) 0,5.
06. (Unit-AL) Os refrigerantes são preparados a partir de água gaseificada com CO<sub>2</sub> e de sacarose, C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>, dentre outros produtos.
- Com base nessas informações, associadas às propriedades das substâncias químicas, é correto afirmar:
- A) O aumento de pressão, à determinada temperatura, contribui para diminuir a solubilidade de um gás na água.  
 B) Uma solução aquosa de 0,2 mol/L de sacarose contém apenas 50,0 g desse produto.  
 C) A 27 °C, 4,0 atm de pressão, o volume ocupado por 1,0 mol de CO<sub>2</sub> é maior do que 22,4L.  
 D) Água gaseificada, resfriada com CO<sub>2(g)</sub>, dissolvido a 4,0 atm é uma solução.  
 E) A massa molar da sacarose é 300,0 g.mol<sup>-1</sup>.

07. (UFRRJ) A curva do gráfico a seguir mostra a solubilidade de um certo soluto em água.



Responda às perguntas a seguir, justificando sua resposta.

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

08. (UFRGS-RS) A tabela seguinte mostra a solubilidade do ácido benzoico ( $C_7H_6O_2$ ) em água.

Temperatura (°C)	10	80
Solubilidade (g/100 mL de H <sub>2</sub> O)	0,21	2,75

Um estudante deve purificar, através de recristalização, uma amostra de 10 g de ácido benzoico, tendo disponíveis 300 mL de H<sub>2</sub>O. Para tanto, inicialmente, ele solubiliza a amostra, utilizando toda a água disponível, aquecida a uma temperatura de 80 °C, e efetua sua filtração. Após, resfria o sistema e o filtra novamente, a uma temperatura de 10 °C.

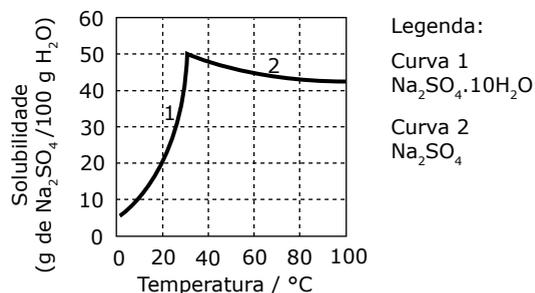
A quantidade máxima de ácido benzoico recristalizado que pode ser obtida é de, aproximadamente,

- 0,21 g.
- 0,63 g.
- 2,75 g.
- 7,62 g.
- 8,25 g.

09. (Unicamp-SP) Preparou-se uma solução dissolvendo-se 40 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> em 100 g de água a uma temperatura de 60 °C. A seguir, a solução foi resfriada a 20 °C, havendo formação de um sólido branco.

- Qual o sólido que se formou?
- Qual a concentração da solução final (20 °C)?

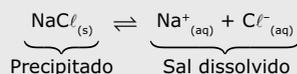
- Dados:** As curvas de solubilidade do Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O e do Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, no gráfico a seguir; a solubilidade está indicada, nos dois casos, em "g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100 g de H<sub>2</sub>O".



## GABARITO

01. A) Sistema I

$$V_{\text{dissolução}} = V_{\text{precipitação}}$$



- Continuará uma solução saturada com precipitado.
  - A quantidade de NaCl adicionada não irá se dissolver e formará precipitado.
  - Como a solução está diluída, o sal irá se dissolver e a solução continuará insaturada.
- E
- E
- B
- A
- D
- A solução D, uma vez que nela a quantidade de soluto dissolvida é igual à sua solubilidade.
  - Nos pontos A e C, pois, nessas soluções, a quantidade de soluto está acima da solubilidade.
  - As soluções insaturadas possuem uma quantidade de soluto inferior à solubilidade na temperatura analisada. O ponto B corresponde a essa situação.
  - Verifica-se, pelo gráfico, que o soluto tem dissolução endotérmica (com absorção de energia), visto que sua solubilidade aumenta com a elevação da temperatura. Com redução da temperatura, pode-se cristalizar parte do soluto da solução D.
- D
- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O
  - 16,7% m/m.

## Caderno Extra

### MÓDULO 09

#### ÉSTERES

**01.** (AMAN-RJ) O composto  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$  apresenta as funções

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

**02.** (UEM-PR) Desenhe as fórmulas estruturais dos compostos a seguir, indicando todos os átomos envolvidos e os tipos de ligações entre os átomos (simples, duplas ou triplas ligações).

- A) 3-metilbutanal.  
B) Ácido 4-metilpentanoico.  
C) Metanoato de n-butila.

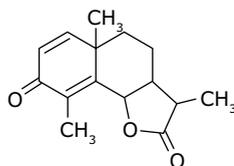
**03.** (PUC Minas) Considere os seguintes compostos orgânicos:

- I.  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$                       III.  $\text{CH}_3\text{—COOH}$   
II.  $\text{C}_2\text{H}_4$                                       IV.  $\text{CH}_3\text{—COO—CH}_2\text{—CH}_3$

Com relação aos compostos apresentados, é incorreto afirmar que

- A) o composto I é utilizado como aditivo automotivo.  
B) o composto II é utilizado no amadurecimento de frutas.  
C) a reação entre os compostos I e III produz o composto IV.  
D) o composto III apresenta caráter básico.  
E) o composto IV apresenta aroma agradável.

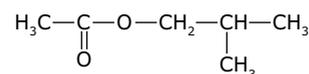
**04.** (UESC-BA) A santonina, extraída de um vegetal conhecido como absinto, indicada e usada como vermífugo por médicos, apresenta, em sua estrutura



santonina – vermífugo

- ( ) um anel aromático.  
( ) um grupo funcional de éter.  
( ) três carbonos primários no total.  
( ) cadeia heterogênea.  
( ) cinco carbonos tetraédricos ao todo.

**05.** (UDESC) Analise as afirmações a seguir a respeito da essência de morango, composto orgânico de fórmula:

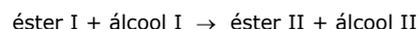


- I. É um hidrocarboneto aromático.  
II. Os radicais ligados ao grupo funcional do composto são etil e isobutil.  
III. O nome oficial desse composto, pela IUPAC, é etanoato de isobutila.  
IV. Apresenta a função éster.

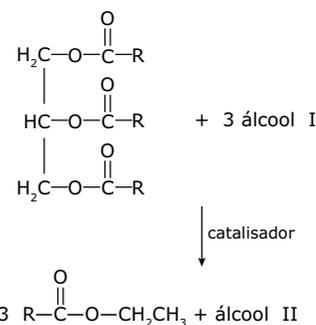
A alternativa que contém todas as afirmações corretas é:

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

**06.** (UFGRS-RS) O biodiesel pode ser produzido através de reações denominadas de transesterificação, genericamente representadas como



Na situação apresentada a seguir, os triacilgliceróis de ácidos graxos de origem vegetal reagem com um álcool I na presença de um catalisador, produzindo um álcool II e os respectivos ésteres de ácido graxo, que constituem o biodiesel.

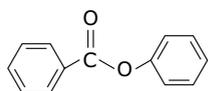


Em que R = grupo orgânico alifático de cadeia normal, longa, saturada ou insaturada.

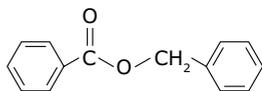
Os álcoois I e II envolvidos nessa reação são, respectivamente,

- A) o metanol e o glicerol.  
B) o etanol e o glicerol.  
C) o metanol e o etanol.  
D) o glicerol e o metanol.  
E) o glicerol e o etanol.

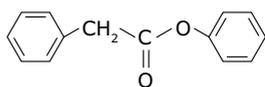
07. (Unioeste-PR) O benzoato de benzila é um princípio ativo encontrado em sabonetes medicinais para tratamento da pediculose e da escabiose. Observe as estruturas apresentadas a seguir e assinale a(s) alternativa(s) correta(s).



Estrutura A



Estrutura B



Estrutura C

01. Das estruturas apresentadas anteriormente, o benzoato de benzila é representado pela estrutura B.  
 02. As três estruturas representam ésteres.  
 04. As estruturas B e C representam isômeros constitucionais de cadeia.  
 08. O composto representado pela estrutura A pode ser obtido pela reação de esterificação do ácido benzoico com o benzeno.  
 16. Os três compostos representados apresentam núcleo aromático.  
 32. A fórmula molecular do composto representado pela estrutura C é  $C_{14}H_{28}O_2$ .  
 64. As estruturas B e C apresentam somente átomos de carbono com hibridação  $sp^2$ .

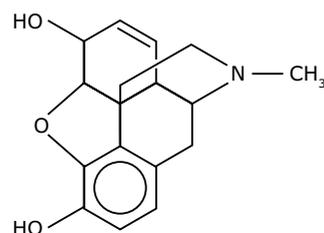
Soma ( )

03. D  
 04. F F F V F  
 05. B  
 06. B  
 07. Soma = 19

## MÓDULO 10

### AMINAS, AMIDAS E OUTRAS FUNÇÕES ORGÂNICAS

01. (FMTM-MG) Os hipnoanaléxicos são representados principalmente pelos chamados compostos opioides, que constituem um grupo de fármacos empregados clinicamente no alívio da dor, tosse e diarreia. A morfina, com fórmula estrutural representada na figura, é o alcaloide que existe em maior proporção no ópio e é considerada a droga de eleição no infarto agudo do miocárdio e em outras doenças dolorosas.

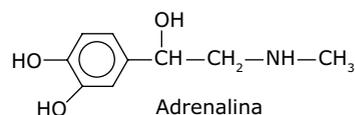


morfina

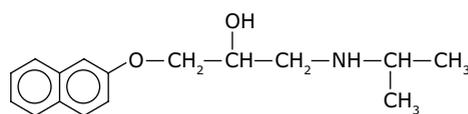
Na estrutura da morfina, são encontradas as funções orgânicas

- A) ácido carboxílico, amina, éter e fenol.  
 B) ácido carboxílico, amida, éster e fenol.  
 C) álcool, amina, éster e fenol.  
 D) álcool, amida, éter e fenol.  
 E) álcool, amina, éter e fenol.

02. (UEG-GO)



Adrenalina

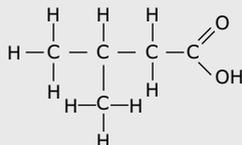


Propranolol

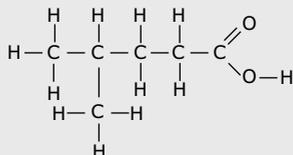
## GABARITO

01. C

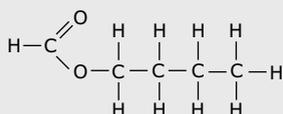
02. A)



B)



C)

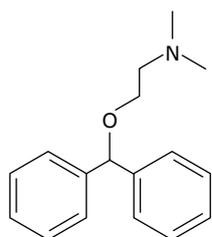


A adrenalina é uma droga interessante do ponto de vista biológico, pois quando liberada em nossa corrente sanguínea, por causa de algum susto, acelera o nosso batimento cardíaco. Em contrapartida, o propranolol é um medicamento destinado a pessoas com problemas cardíacos e pressão alta, pois contribui para o abaixamento da pressão e para a diminuição da frequência de batimentos cardíacos. Por meio da figura anterior, comparando essas duas drogas, é correto afirmar que os grupos funcionais presentes em ambos os compostos são

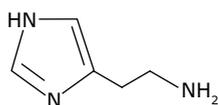
- A) álcool e fenol.  
 B) álcool e amina.  
 C) amina e éter.  
 D) amida e fenol.

- 03.** (UEL-PR) As aminas são um grupo de substâncias orgânicas usadas como medicamento. A ingestão de um anti-histamínico diminui o efeito da histamina, que é uma substância produzida pelo corpo humano em resposta às reações alérgicas. O medicamento Toradol é usado por dentistas para aliviar a dor de seus pacientes.

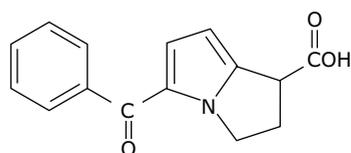
As fórmulas das substâncias citadas no texto estão apresentadas na sequência.



(A) Anti-histamínico



(B) Histamina



(C) Toradol

Com relação às fórmulas das moléculas representadas em A, B e C, são feitas as seguintes afirmativas:

- I. Na fórmula A, identificam-se as funções éter e amina.  
 II. A histamina B possui duas aminas secundárias e uma amida.

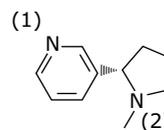
III. A fórmula da molécula C é  $C_{15}NO_3H$ .

IV. Na fórmula C, identificam-se as funções cetona, amina e ácido carboxílico.

Assinale a alternativa que contém todas as afirmativas corretas.

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

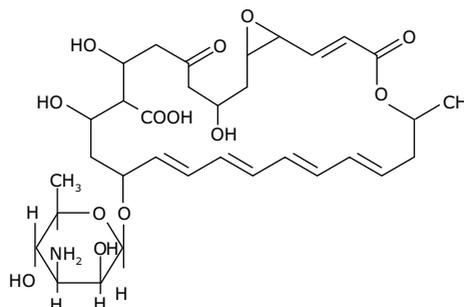
- 04.** (PUCPR) Recentemente, como medida antitabagista, o estado de São Paulo adotou uma lei proibindo fumar em diversos estabelecimentos. Um dos compostos mais ativos presente no tabaco é um alcaloide que apresenta dois átomos de nitrogênio em sua estrutura, a nicotina.



Pode-se afirmar, com respeito a essa molécula, que

- A) ambos os átomos de nitrogênio fazem parte do anel aromático.  
 B) o nitrogênio (1) está num sistema aromático, e o nitrogênio (2) faz parte de um grupo amida.  
 C) a nicotina é uma amina que apresenta um anel aromático.  
 D) o nitrogênio (2) refere-se a uma amina primária.  
 E) por ser um composto aromático a nicotina é responsável pelo odor característico da fumaça do cigarro.

- 05.** (UFTM-MG) Com a chegada do inverno, é muito frequente a ocorrência de infecções oftálmicas por fungos e bactérias. O NATACYN® é um fungicida para uso tópico oftalmológico muito aplicado nesses casos, e seu ingrediente ativo é representado pela seguinte estrutura química:

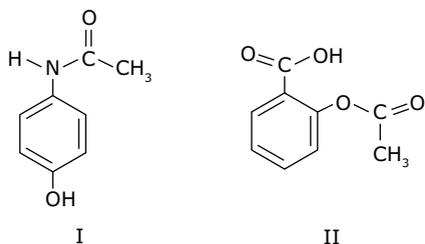


Na molécula do princípio ativo do NATACYN®, estão presentes os grupos funcionais

- A) éter, cetona e amida.  
 B) éster, cetona e amina.  
 C) álcool, aldeído e ácido carboxílico.  
 D) álcool, fenol e amina.  
 E) fenol, aldeído e cetona.

**06.** (Unicamp-SP) A ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) é o produto mais importante de excreção de nitrogênio pelo organismo humano. Na molécula da ureia, formada por oito átomos, o carbono apresenta duas ligações simples e uma ligação dupla; o oxigênio, uma ligação dupla; cada átomo de nitrogênio, três ligações simples; e cada átomo de hidrogênio, uma ligação simples. Átomos iguais não se ligam entre si. Baseando-se nessas informações, Escreva a fórmula estrutural da ureia, representando ligações simples por um traço (—) e ligações duplas por dois traços (=).

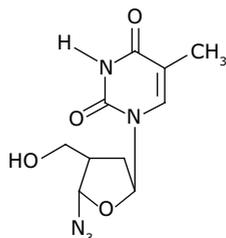
**07.** (UFMG) Acetoaminofen (I) e aspirina (II) são nomes vulgares de duas substâncias orgânicas muito utilizadas devido às suas propriedades analgésicas e antipiréticas.



A alternativa que relaciona as funções presentes no conjunto das duas substâncias é:

- A) Álcool, amida, éter, cetona
- B) Fenol, amina, cetona, éter
- C) Álcool, amina, ácido carboxílico, éster
- D) Fenol, amida, cetona, ácido carboxílico
- E) Fenol, amida, ácido carboxílico, éster

**08.** (UFTM-MG) A azidovudina (AZT), com fórmula estrutural representada na figura, é um importante quimioterápico disponível para o combate ao vírus da imunodeficiência adquirida (HIV).



Entre as funções orgânicas encontradas na estrutura do AZT, temos

- A) amida, cetona e éster.
- B) fenol, éster e amina.
- C) fenol, éter e amina.
- D) álcool, amina e cetona.
- E) álcool, amida e éter.

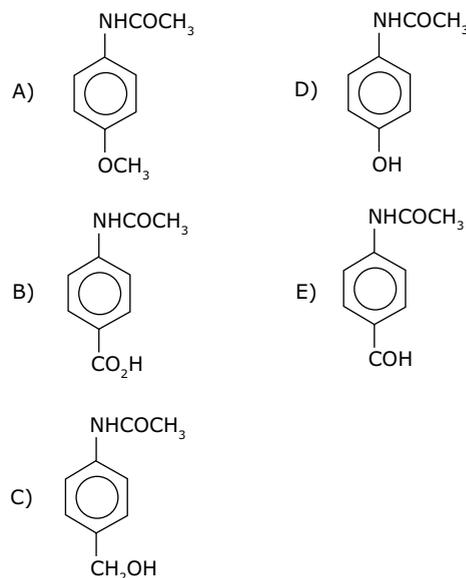
**09.** (FUVEST-SP) Ao cozinhar alimentos que contêm proteínas, forma-se acrilamida (amida do ácido acrílico), substância suspeita de ser cancerígena. Estudando vários aminoácidos, presentes nas proteínas, com o  $\alpha$ -aminogruppo marcado com nitrogênio-15, verificou-se que apenas um deles originava a acrilamida e que este último composto não possuía nitrogênio-15.

**Dados:**

Ácido acrílico – $\text{CH}_2\text{CHCOOH}$
Ácido glutâmico – $\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$
Asparagina – $\text{H}_2\text{NCOCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$

Dê a fórmula estrutural da acrilamida.

**10.** (UFMG) Acetoaminofen é um analgésico e antipirético muito utilizado para crianças. Trata-se de um fenol que pode, também, ser considerado como derivado da anilina. Sua fórmula é:



**11.** (UEM-PR) Assinale a alternativa correta.

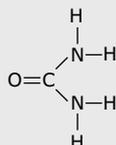
- A) Um composto de fórmula molecular  $\text{C}_8\text{H}_{13}\text{ClO}$  pode ser o composto 3-cloro-1-fenil-2-hidroxi-butano.
- B) A função amina está presente na trimetilamina e na anilina.
- C) O nome de um suposto composto orgânico pode ser o 6-metileptano.
- D) Um composto com fórmula molecular  $\text{C}_6\text{H}_6$  não pode ter caráter aromático, pois não atende à regra de Hückel.
- E) Os compostos com fórmula molecular  $\text{CH}_4\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$  e  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  podem pertencer à função álcool e constituem uma série heteróloga.

**12.** (UFPI) Os ácidos carboxílicos podem ser transformados em compostos pertencentes a outras funções orgânicas, denominadas "derivados de ácidos carboxílicos". Entre as alternativas a seguir, assinale aquela que apresenta somente derivados de ácidos carboxílicos.

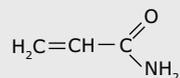
- A) Acetamida, benzoato de etila, cloreto de benzila  
 B) Benzoato de etila, cloreto de benzila, cloreto de benzoíla  
 C) Anidrido ftálico, cloreto de benzoíla, etanoato de benzila  
 D) Anidrido ftálico, benzoato de etila, benzenossulfonamida  
 E) Anidrido benzoico, benzenossulfonamida, etanoato de benzila

## GABARITO

01. E  
 02. B  
 03. A  
 04. C  
 05. B  
 06.



07. E  
 08. E  
 09. A amida do ácido acrílico é:



10. D  
 11. B  
 12. C

## MÓDULO 11

### ISOMERIA PLANA

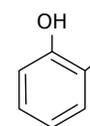
**01.** (PUC RS) Analise as afirmativas a seguir:

- I. Propanal é um isômero do ácido propanoico.  
 II. Ácido propanoico é um isômero do etanoato de metila.  
 III. Éter etilmetílico é um isômero do propan-2-ol.  
 IV. Propanal é um isômero do propan-1-ol.

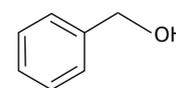
Pela análise das afirmativas, conclui-se que somente estão corretas

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

**02.** (Unesp) Examine as estruturas do ortocresol e do álcool benzílico.



ortocresol



álcool benzílico

O ortocresol e o álcool benzílico

- A) apresentam a mesma função orgânica.  
 B) são isômeros.  
 C) são compostos alifáticos.  
 D) apresentam heteroátomo.  
 E) apresentam carbono quiral.

**03.** (Unip-SP) Com a fórmula  $C_7H_8O$  existem cinco isômeros aromáticos pertencentes à(às) função(ões) química(s)

- A) fenol, somente.  
 B) fenol e álcool, somente.  
 C) fenol, álcool e éter, somente.  
 D) aldeído e álcool, somente.  
 E) álcool, cetona e éter, somente.

**04.** (FGV-SP) Considere os compostos orgânicos (I) butan-1-ol, (II) metoxipropano, (III) ácido butanoico, (IV) butanal e (V) butan-2-ona.

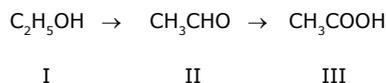
O etanoato de etila é isômero do composto

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

**05.** (Unesp) Qual das moléculas apresentadas possui fórmula mínima diferente das demais?

- A) Butan-2-ol  
 B) 2-buten-1-ol  
 C) 3-buten-1-ol  
 D) Butanal  
 E) Butanona

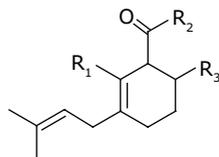
- 06.** (UFU-MG / Adaptado) Quando o vinho é deixado em contato com o ar, por algum tempo, bactérias aeróbicas o transformam em vinagre, através da fermentação, de acordo com a seguinte sequência simplificada:



Em relação aos compostos I, II e III, responda:

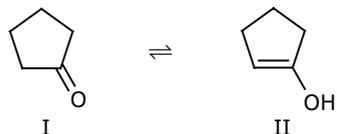
- A) Qual é a fórmula estrutural, a nomenclatura IUPAC e a função orgânica a que pertencem cada um dos compostos orgânicos anteriores?
- B) Qual é a fórmula estrutural e o nome IUPAC do isômero funcional de I?
- 07.** (UFG-GO) Com relação ao composto representado pela fórmula  $\text{H}_3\text{C}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$ , pergunta-se:
- A) Quais as estruturas dos possíveis isômeros de cadeia e suas nomenclaturas oficiais (IUPAC)?
- B) Se aumentarmos o número de grupamentos ( $\text{CH}_2$ ) nesse composto, ele se tornaria mais ou menos solúvel em  $\text{H}_2\text{O}$ ? Por quê?
- C) Substituindo-se um átomo de hidrogênio do carbono  $\alpha$  (alfa) por um grupamento amino no isômero de cadeia normal, qual seria a estrutura do composto?

- 08.** (UFC-CE) A auroglaucina é um pigmento laranja natural que apresenta o núcleo básico I.



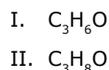
I

- A) Sabendo que a estrutura da auroglaucina apresenta uma carbonila de aldeído não conjugada, uma hidroxila ligada a carbono  $\text{sp}^2$  e um grupo heptil, represente a estrutura desse pigmento, substituindo  $\text{R}_1$ ,  $\text{R}_2$  e  $\text{R}_3$  pelos átomos ou grupos adequados.
- B) Represente a estrutura de um tautômero da auroglaucina, o qual apresente duas carbonilas em sua estrutura.
- 09.** (UFJF-MG) É correto afirmar que I e II são



- A) isômeros ópticos.
- B) isômeros de cadeia.
- C) tautômeros.
- D) isômeros geométricos.

- 10.** (Fatec-SP) Dadas as fórmulas dos compostos I e II:



- A) O composto I pode ser um ácido carboxílico, e o composto II, um álcool.
- B) O composto I pode ser uma cetona, e o composto II pode ser éter.
- C) O composto II pode ser um ácido carboxílico, e o composto I pode ser um álcool.
- D) O composto I pode ser um álcool, e o composto II, um ácido carboxílico.
- E) O composto I pode ser um aldeído, e o composto II pode ser um éster.

- 11.** (UERJ) Isomeria é o fenômeno que se caracteriza pelo fato de uma mesma fórmula molecular representar diferentes estruturas.

Considerando a isomeria estrutural plana para a fórmula molecular  $\text{C}_4\text{H}_8$ , podemos identificar os isômeros dos seguintes tipos:

- A) Cadeia e posição
- B) Cadeia e função
- C) Função e compensação
- D) Posição e compensação

- 12.** (UFG-GO / Adaptado) A borracha sintética (BUNA) tem como monômero o butadieno. A respeito do butadieno e da borracha é correto dizer que

- ( ) o butadieno apresenta dois isômeros de posição: o 1,3-butadieno e o 1,4-butadieno.
- ( ) o butadieno é um isômero do ciclobutano.

- 13.** (UFPA) Com relação à isomeria, pode-se afirmar que

- A) o neopentano e o 2,3-dimetilbutano são isômeros de cadeia.
- B) o cicloexanol e o fenol são isômeros de posição.
- C) o éter sulfúrico (etílico) e o éter metilpropílico são isômeros funcionais.
- D) a propanona e o propanal são tautômeros.
- E) N.d.a.

- 14.** (UEM-PR) Considere os pares de compostos a seguir:

- Propanal e prop-1-en-1-ol
- Etoxietano e metoxipropano
- 1-hidroxi-2-etilbenzeno e 1-hidroxi-3-etilbenzeno
- 1-hidroxi-2-n-propilbenzeno e 3-fenilpropan-1-ol
- Cicloexano e metilciclopentano

Nesses compostos, encontramos, respectivamente, as isomerias

- A) de função, tautomeria, de compensação, de posição e de cadeia.  
 B) de função, de compensação, de posição, de cadeia e tautomeria.  
 C) tautomeria, de compensação, de posição, de cadeia e de função.  
 D) de função, de posição, de compensação, tautomeria e de cadeia.  
 E) tautomeria, de compensação, de posição, de função e de cadeia.
- 15.** (UEG-GO / Adaptado) Mostre as estruturas de três isômeros planos para o isoctano e de um para o etanol.
- 16.** (UFRJ / Adaptado) Nomeie e represente as estruturas em bastão dos isômeros de posição e de função do isopropanol.
- 17.** (OBQ) O número de cetonas  $\alpha,\beta$ -insaturadas, isômeras, de fórmula  $C_5H_8O$  é
- A) 3.  
 B) 4.  
 C) 5.  
 D) 6.  
 E) 7.

## GABARITO

01. B

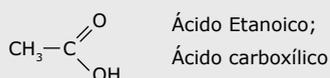
02. A

03. C

04. C

05. A

06. A)  $CH_3-CH_2-OH$  Etanol; Álcool

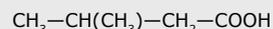


B)  $CH_3-O-CH_3$  Metoximetano

07. A) Os isômeros são



ácido 2-metilbutanoico



ácido 3-metilbutanoico



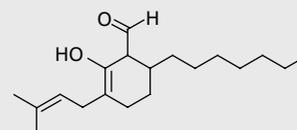
ácido 2,2-dimetilpropanoico

B) Tornar-se-ia menos solúvel em água, já que os grupos metilenos ( $CH_2$ ) são grupos apolares, que diminuem a solubilidade dos compostos em água, que é um solvente polar.

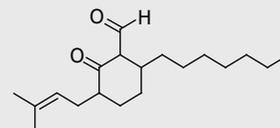
C)  $CH_3-CH_2-CH_2-CHNH_2-COOH$

ácido 2-aminobutanoico.

08. A) A estrutura do pigmento é a seguinte:



B) A estrutura do tautômero do pigmento que apresenta dois grupos acila é a seguinte:



09. C

10. B

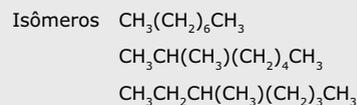
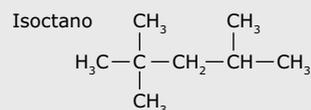
11. A

12. F F

13. E

14. E

15. Observe as figuras a seguir:



Etanol  $CH_3CH_2OH$

Isômero  $CH_3OCH_3$

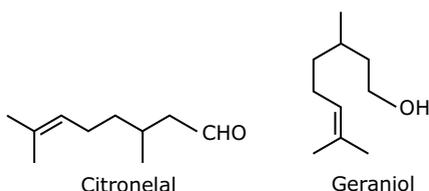
16. n-propanol (álcool)      Etoximetano (éter)

17. B

## MÓDULO 12

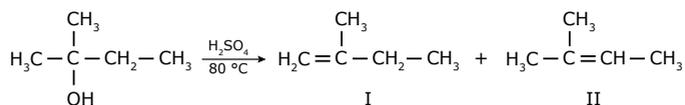
## ISOMERIA ESPACIAL

- 01.** (PUC Minas) A citronela é uma planta rica em citronelal e geraniol, substâncias que dão a ela um odor cítrico semelhante ao do eucalipto. Devido a essas propriedades, ela pode ser usada como aromatizante e em produtos de perfumaria. Além disso, a citronela possui outra qualidade: o cheiro que agrada aos humanos é insuportável aos insetos, como moscas e mosquitos, característica que faz dela um repelente natural.



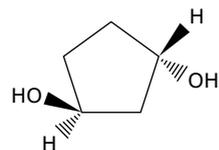
Sobre o citronelal e o geraniol, é correto afirmar:

- A) Os dois compostos possuem fórmula molecular  $C_{10}H_{18}O$ .  
 B) O citronelal é um álcool.  
 C) O citronelal apresenta possibilidade de isomeria *cis-trans*.  
 D) O geraniol tem um carbono assimétrico.
- 02.** (Vunesp) Entre os compostos
- I.  $C_2H_6O_2$   
 II.  $C_3H_6O$   
 III.  $C_2H_2Cl_2$
- apresenta(m) isomeria geométrica
- A) I, apenas.  
 B) II, apenas.  
 C) III, apenas.  
 D) I e II, apenas.  
 E) II e III, apenas.
- 03.** Entre os compostos com a fórmula  $C_3H_4Cl_2$ , quais apresentam isomeria geométrica? Escreva as fórmulas estruturais dos respectivos isômeros *cis* e *trans*.
- 04.** (UFES) A equação a seguir mostra os produtos obtidos na desidratação do 2-metil-2-butanol.

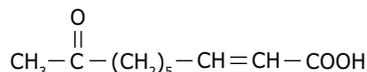


Pode-se afirmar que

- A) I admite isômeros geométricos.  
 B) II admite isômeros geométricos.  
 C) I e II são isômeros funcionais.  
 D) I e II são isômeros ópticos.  
 E) I e II são isômeros de posição.
- 05.** (CENTEC-BA) Segundo a IUPAC, a nomenclatura correta para o composto representado a seguir é

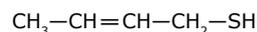


- A) *cis*-1,4-diidroxiciclopentano.  
 B) *cis*-1,3-diidroxiciclopentano.  
 C) *trans*-1,4-diidroxiciclopentano.  
 D) *trans*-1,3-diidroxiciclopentano.  
 E) 1,4-diidroxiciclopentano.
- 06.** Muito do poder regulador que a abelha rainha tem sobre as demais abelhas se deve a um feromônio, cuja fórmula estrutural aparece a seguir. Sabe-se que o isômero *trans* é o que possui efeito sobre as abelhas.



Escreva a fórmula estrutural desse isômero.

- 07.** (FUVEST-SP) Quantos isômeros estruturais e geométricos, considerando também os cíclicos, são previstos com a fórmula molecular  $C_3H_5Cl$ ?
- A) 2  
 B) 3  
 C) 4  
 D) 5  
 E) 7
- 08.** O cheiro desagradável dos gambás deve-se, principalmente, a sete componentes; o pior odor é propiciado pelo composto:



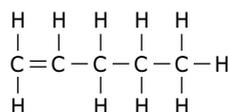
Sabendo que o isômero encontrado nos gambás é o *trans*, escreva a sua estrutura.

09. (FUVEST-SP) Dê as fórmulas estruturais de todos os isômeros com fórmula  $C_2H_2Cl_2$ .

10. (Vunesp) Apresenta isomeria geométrica o

- A) pent-2-eno.
- B) 1,2-butadieno.
- C) propeno.
- D) tetrabromoetileno.
- E) 1,2-dimetilbenzeno.

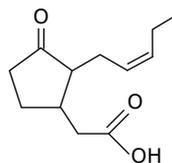
11. (PUC-SP) Assinale a alternativa que contém apenas isômeros do pent-1-eno.



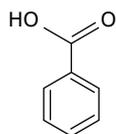
- A) Pentano, *cis*-pent-2-eno e ciclopenteno.
- B) *Trans*-pent-2-eno, pentanol e *cis*-pent-3-eno.
- C) 2-metil-1-penteno, *trans*-pent-2-eno e ciclopentano.
- D) *cis*-pent-2-eno, ciclopentano e 2-metil-1-buteno.
- E) 2-metil-1-buteno, ciclopentano e 2-metilbutan-1-ol.

12. Em algumas balas que imitam o sabor de frutas ácidas, é comum encontrarmos, no rótulo, a informação de que contém "acidulante H. IV". Esse código industrial designa uma substância conhecida como ácido fumárico, nome usual do isômero *trans* do ácido butenodioico. Escreva a estrutura desse isômero.

13. (UFRJ) Descobertas recentes revelam que várias espécies de plantas possuem um sistema de defesa químico contra o ataque de insetos, através do qual a planta produz substâncias voláteis, capazes de atrair predadores desses insetos. O ácido jasmônico e o ácido salicílico são exemplos dessas "armas químicas".



Ácido jasmônico

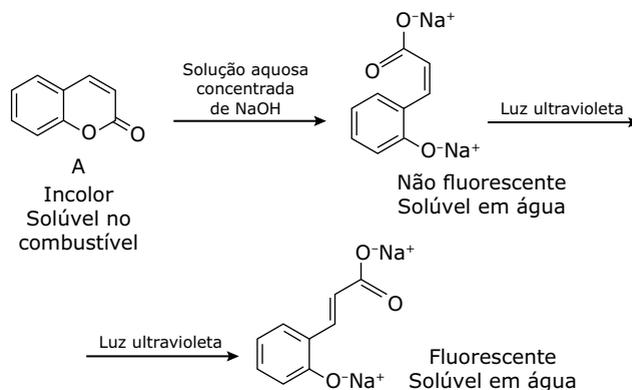


Ácido salicílico

Essas substâncias ficam armazenadas nas células das plantas, e, somente no momento do ataque, são convertidas enzimaticamente ao éster metílico correspondente, que é então liberado para a atmosfera.

Escreva a fórmula estrutural, na representação em bastão, do éster metílico formado a partir do isômero geométrico *trans* do ácido jasmônico.

14. (FUVEST-SP) Na Inglaterra, não é permitido adicionar querosene (livre de imposto) ao óleo diesel ou à gasolina. Para evitar adulteração desses combustíveis, o querosene é "marcado", na sua origem, com o composto A, que revelará sua presença na mistura após sofrer as seguintes transformações químicas:



Um técnico tratou uma determinada amostra de combustível com solução aquosa concentrada de hidróxido de sódio e, em seguida, iluminou a mistura com luz ultravioleta. Se, no combustível, houver querosene (marcado)

- I. no ensaio, formar-se-ão duas camadas, sendo uma delas aquosa e fluorescente.
- II. o marcador A transformar-se-á em um sal de sódio, que é solúvel em água.
- III. a luz ultravioleta transformará um isômero *cis* em um isômero *trans*.

**Observação:** Fluorescente = que emite luz

Dessas afirmações,

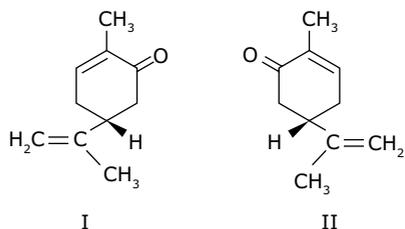
- A) apenas I é correta.
- B) apenas II é correta.
- C) apenas III é correta.
- D) apenas I e II são corretas.
- E) I, II e III são corretas.

15. (UFSCar-SP) Apresenta isomeria óptica

- A)  $H_2N-CH_2-COOH$
- B)
- C)
- D)
- E)  $H_3C-CH_2-C=C-CH_2-CH_2Cl$   
                  |          |  
                  H3C      CH3

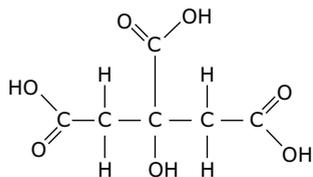
16. (Fatec-SP) Assinale o composto, dos apresentados a seguir, que apresenta isomeria óptica.
- $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
  - $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
  - $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$
  - $\text{CH}_3-\text{CHCl}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
  - $\text{CH}_3-\text{CCl}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

17. (Covest-Copset) Os compostos I e II são estereoisômeros da carvona, e possuem sabores diferentes. O estereoisômero I é o responsável pelo sabor de hortelã, e o II, pelo sabor de um condimento exótico, a alcaravia. Em relação a esses compostos, é incorreto afirmar que



- tanto o composto I como o II possuem uma ligação dupla conjugada à carbonila.
- os compostos I e II são opticamente ativos.
- o composto I é a imagem especular de II.
- os compostos I e II possuem propriedades químicas diferentes.
- I e II constituem um par de enantiômeros.

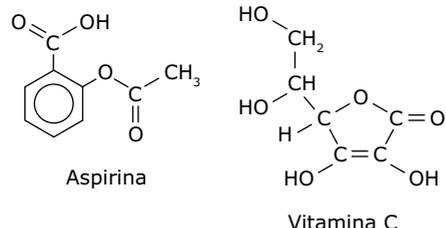
18. (CMMG) Considere a estrutura da molécula do ácido cítrico:



Baseando-se nessa estrutura, podem-se inferir as seguintes propriedades do ácido cítrico, exceto

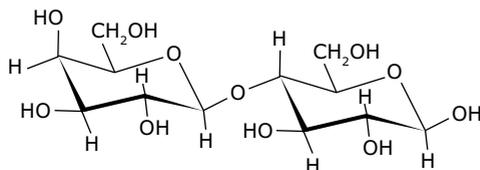
- É solúvel em água.
- É constituído por dois isômeros óticos.
- Reage com  $\text{NaHCO}_{3(s)}$  produzindo  $\text{CO}_{2(g)}$ .
- Forma ligações de hidrogênio intramolecular.

19. (Vunesp) Entre os inúmeros preparados farmacêuticos para o combate à dor, alguns contêm em suas formulações a "aspirina" – um analgésico e antitérmico, muito utilizado no combate à dor de cabeça –, outros são misturas de vitamina C e aspirina, tendo como finalidade combater os sintomas da gripe. As fórmulas estruturais para esses compostos são apresentadas a seguir:



Com relação a esses compostos, é correto afirmar que há quiralidade

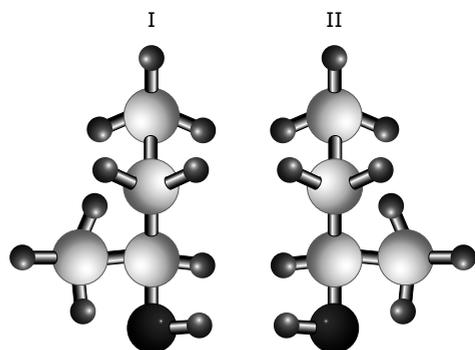
- apenas na aspirina, pois, na sua molécula, há seis átomos de carbono do anel benzênico.
  - apenas na aspirina, pois, na sua molécula, há dois átomos de carbono ligados, simultaneamente, a dois átomos de oxigênio.
  - apenas na vitamina C, pois, na sua molécula, há dois átomos de carbono unidos por dupla ligação e que constituem o heterociclo.
  - apenas na vitamina C, pois, na sua molécula, há dois átomos de carbono ligados, cada um deles, a quatro grupos distintos.
  - nos dois casos, pois as moléculas de ambos apresentam átomos de carbono unidos por ligações duplas constituindo um ciclo.
20. (UFV-MG) A lactose, cuja fórmula estrutural é apresentada a seguir, é um açúcar presente no leite e, quando ingerida, é hidrolisada pela enzima denominada lactase. Estima-se que aproximadamente 70% da população adulta do mundo apresentam alguma deficiência de lactase. Sem a lactase, a lactose não é hidrolisada, passando diretamente para o intestino. Nessa região, ela é fermentada, produzindo gases e ácido lático, o qual é irritante para a mucosa intestinal, levando à diarreia.



Com relação à fórmula estrutural da lactose, apresentada anteriormente, é incorreto afirmar que

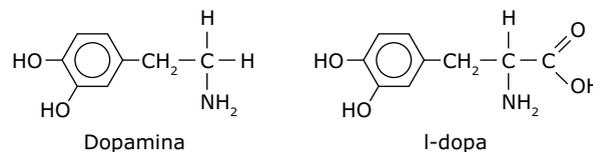
- todos os carbonos apresentam hibridação  $\text{sp}^3$ .
- apresenta 10 carbonos assimétricos.
- possui fórmula molecular  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .
- apresenta as funções álcool e anidrido.
- é um composto opticamente ativo.

21. (UNIRIO-RJ) A figura seguinte representa estruturas espaciais de moléculas de 2-butanol. Nesses modelos, é correto afirmar que os compostos I e II são



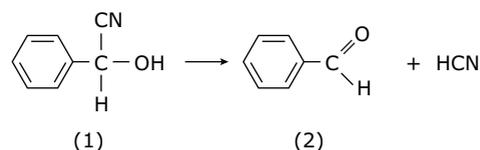
- A) isômeros óticos.  
 B) isômeros de cadeia.  
 C) isômeros de posição.  
 D) isômeros geométricos.  
 E) rigorosamente iguais.
22. (Una-MG) Identifique a alternativa falsa.
- A) Isômero meso é inativo por compensação interna.  
 B) Polarímetro é um instrumento para medir a rotação do plano de polarização da luz devido a substâncias opticamente ativas.  
 C) Substância levógira é aquela que gira o plano de luz polarizada para a esquerda.  
 D) Mistura racêmica é uma mistura dos isômeros dextrógiro e levógiro.  
 E) Enantiômeros são isômeros óticos cujas imagens especulares são superponíveis.
23. (PUC Minas) O decreto de número 55 871 de 21 de março de 1965 codifica os aditivos para gêneros alimentícios. Sob o código H. IV, o ácido fumárico é classificado como acidulante. O tipo de isomeria desse ácido com o maleico é
- A) ótica.  
 B) de cadeia.  
 C) de função.  
 D) geométrica ou cis-trans.  
 E) de posição.
24. (UNIFESP) Pacientes com o mal de Parkinson apresentam deficiência de dopamina, um neurotransmissor; l-dopa é uma das drogas usadas no tratamento desses pacientes (d-dopa é menos efetiva e mais tóxica do que a forma l e, por isso, não é usada).

A l-dopa, ao contrário da dopamina, é capaz de atravessar a barreira sangue-cérebro e então produzir dopamina pela ação da dopa decarboxilase.



- A) Explique o que você entende por forma l da dopa, ilustrando-a por meio de figura.  
 B) Explique a função da dopa decarboxilase na transformação da l-dopa em dopamina.

25. (UFMG) Certas plantas tóxicas, ao serem agredidas, liberam uma enzima que catalisa a produção de ácido cianídrico, a partir de cianoidrinas.



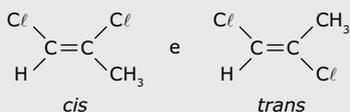
- A) Faça representações estereoquímicas de cada isômero ótico da molécula (1).  
 B) Determine a fórmula molecular do produto da reação de (2) com dicromato de potássio. Tal produto tem a seguinte composição centesimal: C – 68,85%; H – 4,92%.
26. (ITA-SP) Qual das opções a seguir é a correta?
- A) Uma solução contendo simultaneamente 0,1 mol.L<sup>-1</sup> de d-ácido láctico e 0,1 mol.L<sup>-1</sup> de l-ácido láctico é capaz de desviar o plano de polarização da luz.  
 B) A presença de carbonos assimétricos na estrutura de um composto é uma condição suficiente e única para que este apresente estereoisômeros óticos.  
 C) Na síntese do ácido láctico, a partir de todos reagentes opticamente inativos, são obtidas quantidades iguais dos isômeros d e l.  
 D) Para haver atividade ótica, é necessário que a molécula ou o íon contenha carbono na sua estrutura.  
 E) O poder rotatório de uma solução de d-ácido láctico independe do comprimento de onda da luz que a atravessa.

## GABARITO

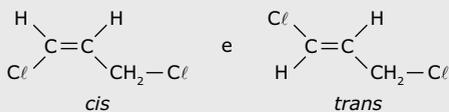
01. D

02. E

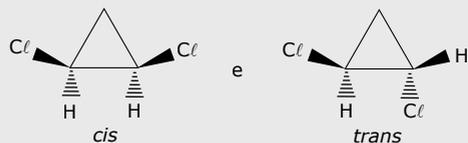
03. 1,2-dicloropropeno:



1,3-dicloropropeno:



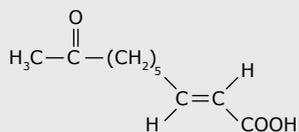
1,2-diclorociclopropano:



04. E

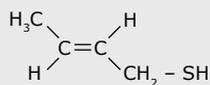
05. D

06.

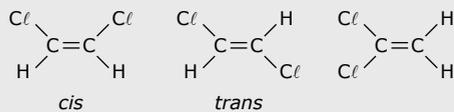


07. D

08.

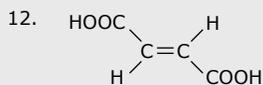


09.

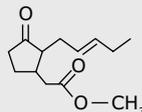


10. A

11. D



13.



14. E

15. B

16. D

17. D

18. B

19. D

20. D

21. A

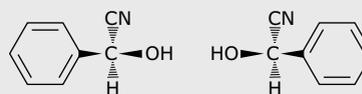
22. E

23. D

24. A) A forma I da dopa representa o isômero óptico levógiro (desvia o plano de luz polarizada para a esquerda).

B) A dopa decarboxilase atua como catalisador.

25. A)



B)  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$

26. C