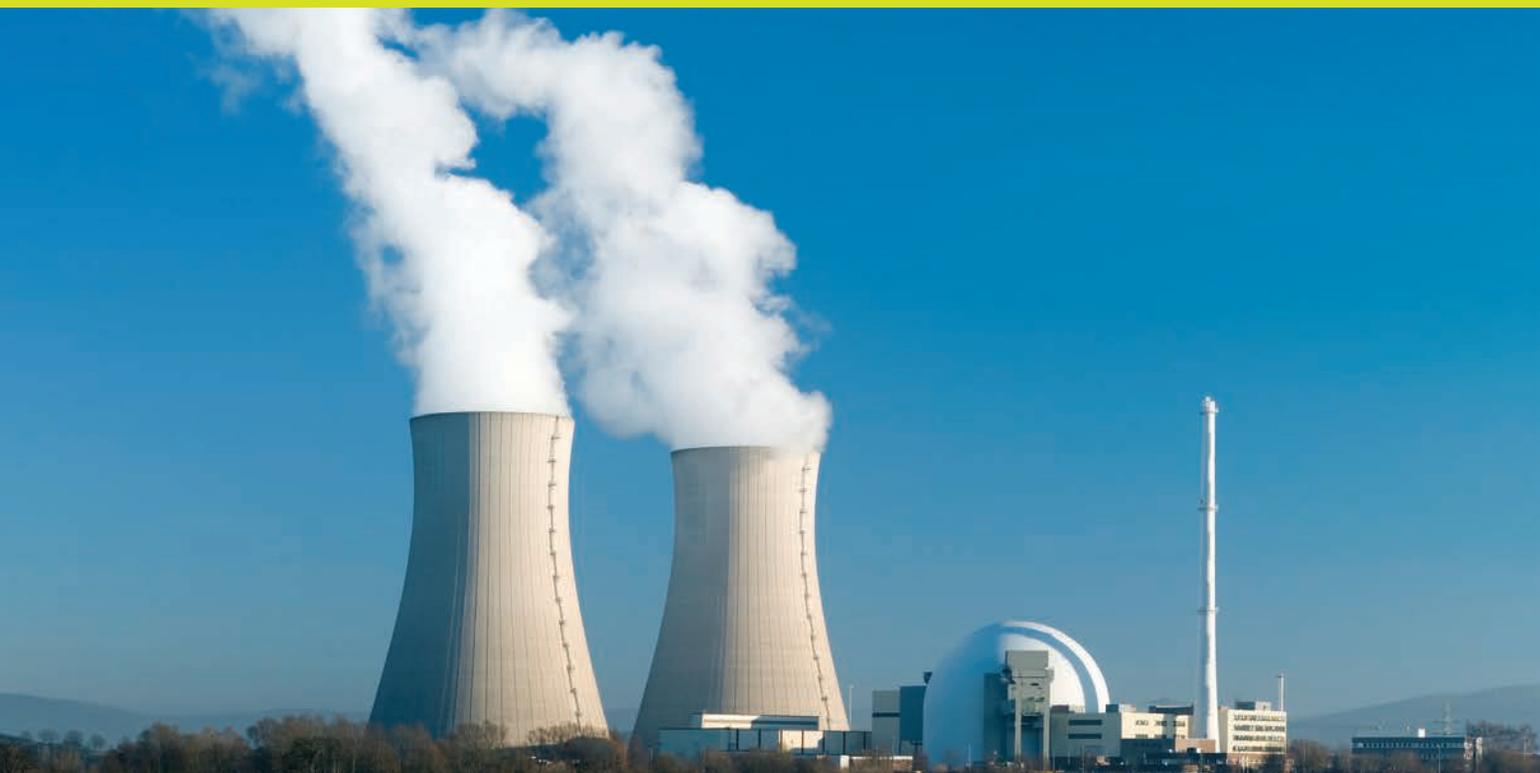




QUÍMICA

Volume 03



Sumário - Química

Frente A

05 3 Calores de reação
Autor: Marcos Raggazzi

06 13 Energia de ligação
Autor: Marcos Raggazzi

Frente B

05 17 Teoria das colisões e do complexo ativado
Autor: Marcos Raggazzi

06 25 Catálises
Autor: Marcos Raggazzi

Frente C

09 33 Ligações covalentes II
Autores: Marcos Raggazzi
Fabiano Guerra

10 41 Geometria molecular e polaridade de moléculas
Autor: Marcos Raggazzi

11 51 Ligações metálicas
Autores: Marcos Raggazzi
Fabiano Guerra

12 57 Interações intermoleculares
Autores: Marcos Raggazzi
Fabiano Guerra

Frente D

09 65 Ácidos e sais carboxílicos
Autor: Marcos Raggazzi

10 71 Ésteres
Autor: Marcos Raggazzi

11 77 Aminas, amidas e outras funções orgânicas
Autor: Marcos Raggazzi

12 89 Isomeria plana
Autor: Marcos Raggazzi

QUÍMICA

Calores de reação

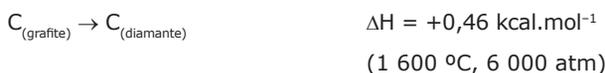
MÓDULO
05

FRENTE
A

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 especificada 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) \Rightarrow sólido

(c) \Rightarrow cristalino

(l) \Rightarrow líquido

(v) \Rightarrow vapor

(g) \Rightarrow gasoso

(conc.) \Rightarrow concentrado

(dil.) \Rightarrow diluído

(aq) \Rightarrow solução aquosa

CALORES DE REAÇÃO

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

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

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

Formas alotrópicas

Estáveis ($H = 0$)	Instáveis ($H \neq 0$)
Oxigênio comum (O_2)	Ozônio (O_3)
Carbono grafite	Carbono diamante
Enxofre rômboico (S_8)	Enxofre monoclinico (S_8)
Fósforo vermelho (P_n)	Fósforo branco (P_4)

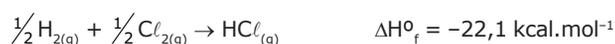
PRINCIPAIS TIPOS DE CALORES DE REAÇÃO

Calor padrão de formação

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

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

Exemplos:



OBSERVAÇÕES

1. A reação



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

2. A reação



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



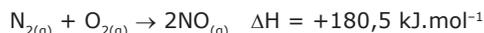
- 3.** Experimentalmente, o que podemos medir é a variação de entalpia, e, para tal, precisamos definir que algumas substâncias apresentam entalpia igual a zero. Contudo, essas substâncias apresentam calor de formação igual a zero e conteúdo energético diferente de zero. Estas possuem energia interna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

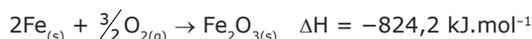
Em alguns sistemas propelentes de foguetes, utiliza-se a combustão da hidrazina como fonte de energia. Nessa reação, o peróxido de hidrogênio é o comburente.



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



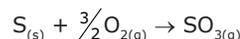
Algumas reações que apresentam o $\text{O}_{2(g)}$ como reagente não são reações de combustão, pois são lentas e, consequentemente, não produzem chama, por exemplo:



Tipos de combustão

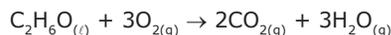
- **Combustão completa**
É toda combustão em que pelo menos um dos elementos formadores do combustível é oxidado até atingir o seu NOx máximo, ou seja, os átomos desses elementos foram oxidados ao máximo.

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

A combustão incompleta do enxofre é representada por:



Calor padrão de combustão

Combustão

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

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

Os reagentes de uma combustão

Os reagentes de uma combustão são denominados combustível e comburente.

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

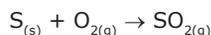
No processo:



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

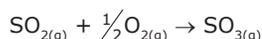
- **Comburente**
É a substância que contém o elemento que sofre redução (diminuição do NOx), o agente oxidante.

No processo:

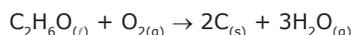
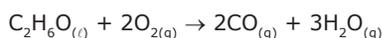


o $\text{O}_{2(g)}$ é o comburente, pois o NOx do oxigênio varia de zero para -2.

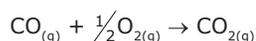
Nesse processo, o elemento enxofre apresenta variação de NO_x de zero para +4. O dióxido de enxofre é uma substância que pode sofrer uma nova combustão, pois o enxofre ainda não atingiu o seu estado máximo de oxidação.



As combustões incompletas do álcool etílico podem ser representadas por:



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



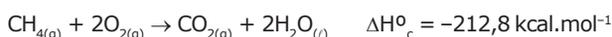
Diferença entre os ΔHs de combustão

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

Definição de calor padrão de combustão

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

Exemplos:



OBSERVAÇÕES

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

2. A reação



representa a combustão do NO, porém o valor -27 kcal·mol⁻¹ não representa o calor da combustão, pois encontramos dois mols de combustível e não um, como na definição. Para determinarmos o calor de combustão, basta dividirmos toda a equação por dois e obteremos:



FATORES QUE ALTERAM O VALOR DA VARIAÇÃO DE ENTALPIA

Temperatura

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

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

Pressão

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

Quantidade de reagentes e produtos

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

Estado físico de reagentes e produtos

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

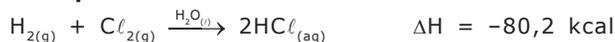
$$H_{(s)} < H_{(l)} < H_{(g)}$$

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

Presença do solvente

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

Exemplo:



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



É o ΔH obtido sem a presença do solvente.

OBSERVAÇÃO

- A diferença 80,2 - 44,2 = 36 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).

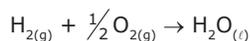
CÁLCULOS TEÓRICOS DO CALOR DE REAÇÃO

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 ΔH , teoricamente, a partir de um número pequeno de informações experimentais.

Cálculo do ΔH a partir do calor de formação

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

Exemplo:



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

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_f (H_2O) &= H_p - H_r \\ \Delta H^{\circ}_f (H_2O) &= H(H_2O) - 0 \end{aligned}$$

$$\Delta H^{\circ}_f (H_2O) = H(H_2O)$$

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

$$\Delta H^{\circ} = \Sigma \Delta H^{\circ}_f (\text{produtos}) - \Sigma \Delta H^{\circ}_f (\text{reagentes})$$

Exercício resolvido

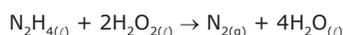
01. Dados os calores de formação, no estado padrão

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

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

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

Calcular o ΔH para a seguinte reação:



Resolução:

$$\Delta H^{\circ} = \Sigma \Delta H^{\circ}_f (\text{produtos}) - \Sigma \Delta H^{\circ}_f (\text{reagentes})$$

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

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

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFES-2007) O etano (componente do gás natural) e o n-hexano (componente da gasolina) possuem calores de combustão iguais a $-1\ 560 \text{ kJ.mol}^{-1}$ e $-4\ 163 \text{ kJ.mol}^{-1}$, respectivamente.

- ESCREVA** as equações químicas balanceadas das reações de combustão do etano e do n-hexano.
- O que irá produzir mais CO_2 na combustão: 1,0 kg de etano ou 1,0 kg de n-hexano? **JUSTIFIQUE** sua resposta.
- O que irá produzir mais calor na combustão: 1,0 kg de etano ou 1,0 kg de n-hexano? **JUSTIFIQUE** sua resposta.
- Para as mesmas quantidades de energia liberada na combustão, qual composto irá produzir mais CO_2 ? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

02. (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?

- $Fe_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow 3FeO_{(s)}$
- $Fe_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow FeO_{(s)}$
- $Fe_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow FeO_{(s)} + C_{(graf.)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$
- $Fe_{(s)} + CO_{(g)} \rightarrow FeO_{(s)} + C_{(graf.)}$

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

- Solução aquosa 1 milimolar de ácido clorídrico com solução aquosa 1 milimolar de cloreto de sódio.
- Solução aquosa 1 milimolar de ácido clorídrico com solução aquosa 1 milimolar de hidróxido de amônio.
- Solução aquosa 1 milimolar de ácido clorídrico com solução aquosa 1 milimolar de hidróxido de sódio.
- 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

- 04.** (UFMG) Um exemplo de uma reação para conversão do metano, principal constituinte do gás natural, em outros hidrocarbonetos, é a transformação desse composto em etano, que pode, em princípio, ser representada pela equação:



Na prática, essa é uma transformação catalítica, em que o metano reage com o oxigênio, o que pode ser representado pela equação:



Considere o seguinte quadro de entalpias padrão de formação (ΔH_f°), a 25 °C, das substâncias indicadas.

Substância	(ΔH_f°) / (kJ.mol ⁻¹)
CH _{4(g)}	-75,0
C ₂ H _{6(g)}	-85,0
H ₂ O _(g)	-242

- A) **CALCULE** a variação de entalpia padrão a 25 °C das reações I e II anteriores. Deixe indicadas todas as etapas dos cálculos, incluindo as unidades.
- B) Suponha que os recipientes em que ocorrem as reações I e II sejam envolvidos por serpentinas em que circule água, inicialmente a 25 °C. **INDIQUE** o que ocorre com a temperatura da água em cada uma das reações I e II. **JUSTIFIQUE** sua resposta.

- 05.** (UFJF-MG) A entalpia de combustão completa da sacarose, C₁₂H₂₂O_{11(s)}, é -5 635 kJ.mol⁻¹ a 25 °C e 1 atm, sendo CO_{2(g)} e H₂O_(l) os únicos produtos da reação. Utilizando esses dados e sabendo que $\Delta H_f^\circ(\text{CO}_{2(g)}) = -394 \text{ kJ.mol}^{-1}$ e $\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}_{(l)}) = -286 \text{ kJ.mol}^{-1}$, 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.** (UFMG) Combustíveis orgânicos liberam CO₂ em sua combustão. O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera provoca um aumento do efeito estufa, que contribui para o aquecimento do planeta. A tabela a seguir informa o valor aproximado da energia liberada na queima de alguns combustíveis orgânicos, a 25 °C.

Combustível		
Nome	Fórmula	Energia Liberada / kJ.mol ⁻¹
Etanol	C ₂ H ₅ OH	1 400
Metano	CH ₄	900
Metanol	CH ₃ OH	730
N-octano	C ₈ H ₁₈	5 600

O combustível que apresenta o maior quociente energia liberada/quantidade de CO₂ produzido é o

- A) metano.
- B) etanol.
- C) n-octano.
- D) metanol.

- 02.** (Unicamp-SP) Considere uma gasolina constituída apenas de etanol e de n-octano, com frações molares iguais. As entalpias de combustão do etanol e do n-octano são -1 368 e -5 471 kJ.mol⁻¹, respectivamente. A densidade dessa gasolina é 0,72 g.cm⁻³ e a sua massa molar aparente, 80,1 g.mol⁻¹.

- A) **ESCREVA** a equação química que representa a combustão de um dos componentes dessa gasolina.
- B) Qual a energia liberada na combustão de 1,0 mol dessa gasolina?
- C) Qual a energia liberada na combustão de 1,0 litro dessa gasolina?

- 03.** (UFMG-2010) Para se minimizar o agravamento do efeito estufa, é importante considerar-se a relação entre a energia obtida e a quantidade de CO₂ liberada na queima do combustível.

Neste quadro, apresentam-se alguns hidrocarbonetos usados como combustíveis, em diferentes circunstâncias, bem como suas correspondentes variações de entalpia de combustão completa:

Hidrocarboneto	ΔH de combustão / (kJ/mol)
CH ₄	-890
C ₂ H ₂	-1 300
C ₃ H ₈	-2 200
n-C ₄ H ₁₀	-2 880

Tendo-se em vista essas informações, é **CORRETO** afirmar que, entre os hidrocarbonetos citados, aquele que, em sua combustão completa, libera a maior quantidade de energia por mol de CO₂ produzido é o

- A) CH₄.
- B) C₂H₂.
- C) C₃H₈.
- D) n-C₄H₁₀.

04. (PUC RS) Um importante aspecto a ser considerado sobre a qualidade de um combustível é a quantidade de energia produzida na sua reação de combustão. A tabela a seguir apresenta o calor de combustão de algumas substâncias presentes em combustíveis que são comumente utilizados.

Substância	Ocorrência	Calor de combustão (kJ.mol ⁻¹)
Metano (CH ₄)	Gás natural veicular (GNV)	212,8
Butano (C ₄ H ₁₀)	Gás liquefeito de petróleo (GLP)	635,9
Octano (C ₈ H ₁₈)	Gasolina	1 320,6

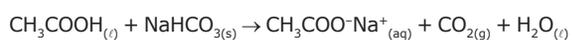
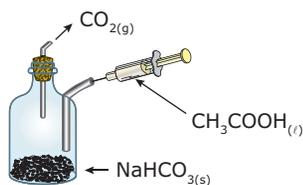
Com base nos dados da tabela, são feitas as seguintes afirmativas:

- I. O GNV é o combustível que apresenta o maior poder calorífico em kcal.g⁻¹ de combustível.
- II. A combustão completa de 1 mol de butano produz 10 mol de água.
- III. O calor liberado na combustão completa de 1 g de octano é de aproximadamente -15 kcal.
- IV. A combustão completa de 1 mol de GNV consome menos oxigênio do que a de 1 mol de butano.

Após a análise das afirmativas, conclui-se que somente estão **CORRETAS**

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

05. (UFJF-MG-2010) Um incêndio pode ser iniciado pela queima de substâncias químicas, como o papel e a gasolina, ou mesmo a partir de equipamentos elétricos energizados, como os fios de eletricidade. Para cada tipo de incêndio, existe um extintor apropriado. Num extintor de CO₂ comercial, essa substância é mantida sob pressão na forma líquida dentro do cilindro. Quando o *container* é aberto, o CO₂ se expande para formar o gás. A figura a seguir representa um "extintor caseiro", no qual ocorre uma reação química, como a representada a seguir:



Dados:

Constante universal dos gases: R = 0,082 atm.L.mol⁻¹.K⁻¹

Calor de formação (kJ.mol⁻¹):

CH₃COOH = -485;

NaHCO₃ = -947;

CH₃COO⁻Na⁺ = -932;

CO₂ = -394;

H₂O = -286.

Considerando-se as informações apresentadas, assinale a alternativa **INCORRETA**.

- A) O fogo é resultado de uma reação de combustão entre o oxigênio e algum tipo de combustível.
- B) A expansão do CO₂, no extintor comercial, envolve uma reação química.
- C) A reação entre o ácido etanoico e o bicarbonato de sódio libera 180 kJ.mol⁻¹.
- D) O volume máximo de CO₂, liberado para a atmosfera por um extintor de incêndio que contém 50 mol de CO₂, a 27 °C e 1 atm, é de 1 230 litros.
- E) O calor de formação do CO₂ corresponde ao calor de combustão do grafite (C_{graf.}).

06. (UFJF-MG-2010) No dia 31 de agosto de 2009, a imprensa noticiava que um incêndio estava se alastrando de forma incontrolável e devastando uma longa área pelas colinas que cercam a cidade americana de Los Angeles, no estado da Califórnia. Nesse incêndio, uma grande área florestal e muitas casas de madeira foram destruídas. Sobre a queima da madeira, podemos afirmar que

- I. a combustão completa da madeira produz gás carbônico e água.
- II. a combustão completa da madeira é uma reação exotérmica.
- III. a combustão completa de qualquer combustível orgânico produz monóxido de carbono e água.

A partir dessas considerações, marque a alternativa **CORRETA**.

- A) Apenas a afirmativa I é verdadeira.
- B) Apenas a afirmativa II é verdadeira.
- C) Apenas a afirmativa III é verdadeira.
- D) As afirmativas I e II são verdadeiras.
- E) As afirmativas I e III são verdadeiras.

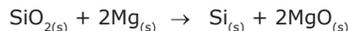
07. (Mackenzie-SP) $\text{NH}_{3(g)} + \text{HCl}_{(g)} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}_{(s)}$

Dadas as entalpias de formação (kJ.mol ⁻¹)	
Substâncias	Entalpia de formação (kJ.mol ⁻¹)
Amônia _(g)	-46,2
Cloreto de hidrogênio _(g)	-92,3
Cloreto de amônio _(s)	-315,5

A variação de entalpia em kJ.mol⁻¹ e o tipo de reação equacionada anteriormente são

- A) -454,0 kJ.mol⁻¹ e reação exotérmica.
 B) -177,0 kJ.mol⁻¹ e reação exotérmica.
 C) +138,5 kJ.mol⁻¹ e reação endotérmica.
 D) +177,0 kJ.mol⁻¹ e reação endotérmica.
 E) +454,0 kJ.mol⁻¹ e reação endotérmica.

08. (PUC Minas) O silício é muito empregado em artefatos microeletrônicos, tais como baterias solares que fornecem energia aos instrumentos dos satélites. Ele pode ser obtido pela reação entre o dióxido de silício pulverizado e o magnésio metálico, de acordo com a equação:



Conhecendo-se as entalpias padrão de formação para as substâncias, a 25 °C e 1 atm:

$$\Delta H_f^\circ(\text{SiO}_{2(s)}) = -911 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

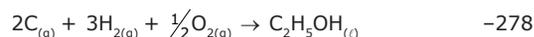
$$\Delta H_f^\circ(\text{MgO}_{(s)}) = -602 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

A variação de entalpia (ΔH°), para a reação de obtenção de silício é, em kJ, igual a

- A) -309.
 B) -293.
 C) +293.
 D) +309.
09. (UFSCar-SP) O cultivo da cana-de-açúcar faz parte da nossa história, desde o Brasil Colônia. O açúcar e o álcool são seus principais produtos. Com a crise mundial do petróleo, o incentivo à fabricação de carros a álcool surgiu, na década de 1970, com o Proálcool. Esse Programa Nacional acabou sendo extinto no final da década de 1990. Um dos pontos altos nas discussões em Joanesburgo sobre desenvolvimento sustentável foi o pacto entre Brasil e Alemanha para investimento na produção de carros a álcool.

- A) **ESCREVA** a equação de combustão do etanol, devidamente balanceada. **CALCULE** o calor de combustão de 1 mol de etanol, a partir das seguintes equações:

$$\Delta H_f^\circ \text{ (kJ.mol}^{-1}\text{)}$$



- B) A reação de combustão do etanol é endotérmica ou exotérmica? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

10. (Unifor-CE-2008) Considere as seguintes entalpias molares de formação em kJ.mol⁻¹:



Dados:

Massas molares (g.mol⁻¹): H₂S ⇒ 34; FeS ⇒ 87,8

Volume molar de gás nas condições ambiente de pressão e temperatura = 25 L.mol⁻¹

87,8 g de sulfeto de ferro (II) são dissolvidos em ácidos diluídos, com produção de 25 L de H₂S, medidos nas condições ambiente de pressão e temperatura, com reação exotérmica. Nesse caso, a variação de entalpia, em kJ.mol⁻¹ da reação que ocorre é igual a

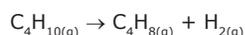
- A) +20,4.
 B) +13,1.
 C) -13,1.
 D) -20,0.
 E) -20,4.

11. (UERJ-2011) O hidrogênio vem sendo considerado um possível substituto dos combustíveis altamente poluentes de origem fóssil, como o dodecano, utilizado na aviação. Sabe-se que, sob condições padrão, as entalpias de combustão do dodecano e do hidrogênio molecular são, respectivamente, iguais a -7 500 e -280 kJ.mol⁻¹.

A massa de hidrogênio, em gramas, necessária para gerar a mesma quantidade de energia que a gerada por 1 g de dodecano equivale a

- A) 0,157.
 B) 0,315.
 C) 0,471.
 D) 0,630.

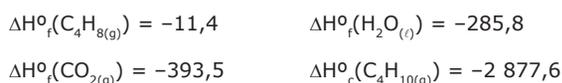
12. (ITA-SP-2007) Assinale a opção que indica a variação **CORRETA** de entalpia, em $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, da reação química a 298,15 K e 1 bar, representada pela seguinte equação:



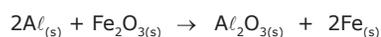
em que ΔH°_f e ΔH°_c , em $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, representam as variações de entalpia de formação e de combustão a 298,15 K e 1,0 bar, respectivamente.

- A) -3 568,3
- B) -2 186,9
- C) +2 186,9
- D) +125,4
- E) +114,0

Dados eventualmente necessários:



13. (UFU-MG) A reação que ocorre quando se aquece uma mistura de alumínio (Al) e óxido de ferro (III) (Fe_2O_3) finamente pulverizados é conhecida como reação térmite. A energia liberada nessa reação pode ser utilizada na fusão e / ou soldagem de peças de ferro e ocorre de acordo com:



Sabe-se que as entalpias padrão de formação (ΔH°_f) de Al_2O_3 e de Fe_2O_3 são, respectivamente, $-1 676 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ e $-824 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- A) **CALCULE** o ΔH da reação térmite.
 - B) Admitindo-se que $\text{Al}_{(s)}$ encontra-se em excesso e que o minério utilizado contém 80% de Fe_2O_3 , **CALCULE** qual deve ser a quantidade de calor produzida na reação, quando 500 g de minério são empregados.
14. (PUCPR-2008) Nos últimos anos, o mercado financeiro internacional tem mostrado uma tendência na valorização das denominadas "Commodities Agrícolas", como o milho, devido ao uso desses produtos para a obtenção de combustíveis alternativos ao petróleo que sejam menos poluentes e ainda renováveis.

Entre esses combustíveis, podem-se destacar o metano ($\text{CH}_4 = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$), o metanol ($\text{CH}_3\text{OH} = 32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) e o etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} = 46 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$), segundo as informações apresentadas na tabela a seguir:

Combustível	$\Delta H^\circ_{\text{combustão}} / \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	$d / \text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$
Metano	-890,8	$0,717 \times 10^{-3}$
Metanol	-763,7	0,792
Etanol	-1 409,4	0,789

Os combustíveis que apresentam as maiores capacidades energéticas por quilo e por litro são, respectivamente,

- A) metanol e etanol.
- B) etanol e metanol.
- C) metanol e metano.
- D) etanol e metano.
- E) metano e etanol.

SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2003) No Brasil, o sistema de transporte depende do uso de combustíveis fósseis e de biomassa, cuja energia é convertida em movimento de veículos. Para esses combustíveis, a transformação de energia química em energia mecânica acontece

- A) na combustão, que gera gases quentes para mover os pistões no motor.
- B) nos eixos, que transferem torque às rodas e impulsionam o veículo.
- C) na ignição, quando a energia elétrica é convertida em trabalho.
- D) na exaustão, quando gases quentes são expelidos para trás.
- E) na carburação, com a difusão do combustível no ar.

02. (Enem-2009) Nas últimas décadas, o efeito estufa tem-se intensificado de maneira preocupante, sendo esse efeito muitas vezes atribuído à intensa liberação de CO_2 durante a queima de combustíveis fósseis para geração de energia. O quadro traz as entalpias padrão de combustão a 25 °C (ΔH°_{25}) do metano, do butano e do octano.

Composto	Fórmula molecular	Massa molar (g/mol)	ΔH°_{25} (kJ/mol)
Metano	CH_4	16	-890
Butano	C_4H_{10}	58	-2 878
Octano	C_8H_{18}	114	-5 471

À medida que aumenta a consciência sobre os impactos ambientais relacionados ao uso da energia, cresce a importância de se criar políticas de incentivo ao uso de combustíveis mais eficientes. Nesse sentido, considerando-se que o metano, o butano e o octano sejam representativos do gás natural, do gás liquefeito de petróleo (GLP) e da gasolina, respectivamente, então, a partir dos dados fornecidos, é possível concluir que, do ponto de vista da quantidade de calor obtido por mol de CO_2 gerado, a ordem crescente desses três combustíveis é

- A) gasolina, GLP e gás natural.
- B) gás natural, gasolina e GLP.
- C) gasolina, gás natural e GLP.
- D) gás natural, GLP e gasolina.
- E) GLP, gás natural e gasolina.

- 03.** (Enem-2010) 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
Metanol (CH_2OH)	0,79	-726,0
Etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)	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.

- 04.** (Enem-2009) Vários combustíveis alternativos estão sendo procurados para reduzir a demanda por combustíveis fósseis, cuja queima prejudica o meio ambiente devido à produção de dióxido de carbono (massa molar igual a 44 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$). Três dos mais promissores combustíveis alternativos são o hidrogênio, o etanol e o metano. A queima de 1 mol de cada um desses combustíveis libera uma determinada quantidade de calor, que estão apresentadas na tabela a seguir.

Combustível	Massa molar ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	Calor liberado na queima ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)
H_2	2	270
CH_4	16	900
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46	1 350

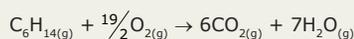
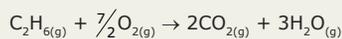
Considere que foram queimadas massas, independentemente, desses três combustíveis, de forma tal que em cada queima foram liberados 5 400 kJ. O combustível mais econômico, ou seja, o que teve a menor massa consumida, e o combustível mais poluente, que é aquele que produziu a maior massa de dióxido de carbono (massa molar igual a 44 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$), foram, respectivamente,

- A) o etanol, que teve apenas 46 g de massa consumida, e o metano, que produziu 900 g de CO_2 .
- B) o hidrogênio, que teve apenas 40 g de massa consumida, e o etanol, que produziu 352 g de CO_2 .
- C) o hidrogênio, que teve apenas 20 g de massa consumida, e o metano, que produziu 264 g de CO_2 .
- D) o etanol, que teve apenas 96 g de massa consumida, e o metano, que produziu 176 g de CO_2 .
- E) o hidrogênio, que teve apenas 2 g de massa consumida, e o etanol, que produziu 1 350 g de CO_2 .

GABARITO

Fixação

01. A) Equações químicas balanceadas



- B) Quantidade de CO_2 produzido na queima de 1,0 kg:

de etano: 66,6 mol de CO_2 ;

de n-hexano: 69,8 mol de CO_2 .

Portanto, C_6H_{14} produz mais CO_2 .

- C) Na combustão completa de

1,0 kg de etano $\Rightarrow -52\,000$ kJ.

1,0 kg de n-hexano $\Rightarrow -48\,407$ kJ.

Portanto, C_6H_{14} libera menos calor na combustão completa de mesmas massas que o C_2H_6 .

- D) Considere 1 mol de etano como referência (-1 560 kJ). Para o n-hexano liberar tal energia, deve-se queimar, aproximadamente, 0,37 mol do mesmo. A cada 1,0 mol de n-hexano queimado, 6,0 mol de CO_2 são produzidos; assim, 0,37 mol produzirão, aproximadamente, 2,2 mol de CO_2 , um pouco acima do etano.

02. B

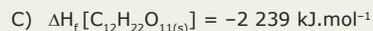
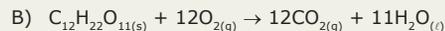
03. D

04. A) I. $\Delta H = 65$ kJ.mol⁻¹

II. $\Delta H = -177$ kJ.mol⁻¹

- B) Na reação I, a água esfria, já que o fenômeno é endotérmico, enquanto na reação II, a água esquenta, já que o fenômeno é exotérmico.

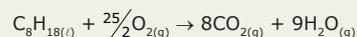
05. A) Exotérmica



Propostos

01. A

02. A) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_{(l)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{CO}_{2(g)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ou



B) 3 419,5 kJ.mol⁻¹ liberados

C) 30 737,1 kJ.mol⁻¹ liberados

03. A

04. B

05. B

06. D

07. B

08. B

09. A) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(l)} + 3\text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{CO}_{2(g)} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}$

$\Delta H = -1\,368$ kJ.mol⁻¹

B) Como a variação de entalpia é negativa (-1 368 kJ.mol⁻¹), a reação é exotérmica.

10. C

11. B

12. E

13. A) -852 kJ.mol⁻¹

B) 2 130 kJ

14. E

Seção Enem

01. A

02. A

03. D

04. B

QUÍMICA

Energia de ligação

MÓDULO
06

FRENTE
A

CÁLCULO DO ΔH A PARTIR DO CALOR DE LIGAÇÃO

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

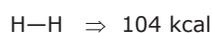
$$\Delta H = \sum \Delta H_{\text{ligações rompidas nos reagentes}} + \sum \Delta H_{\text{ligações formadas nos produtos}}$$

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

Quando dois átomos se ligam, estes 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 \rightarrow processo endotérmico
Formação de ligações \rightarrow processo exotérmico

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

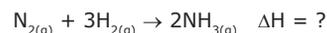


Logo, a ligação H—F é mais estável, “mais forte”, do que a ligação H—H, pois é necessário uma maior quantidade de energia para rompê-la.

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

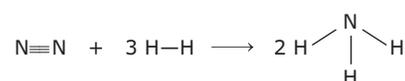
Exercício Resolvido

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



Resolução:

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



Então,

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

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

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

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

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.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFRGS) A seguir, é apresentado um quadro com algumas energias de ligação no estado gasoso:

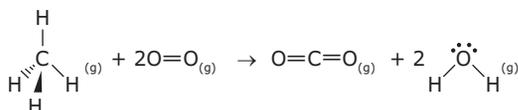
Ligação	ΔH (kcal.mol ⁻¹)
H—H	470,7
Cℓ—Cℓ	242,5
O=O	489,2
N≡N	940,8
H—Cℓ	431,5
H—Br	365,9
H—I	298,6

São feitas as seguintes afirmações:

- I. É preciso mais energia para decompor a molécula de oxigênio do que para decompor a molécula de nitrogênio.
- II. A molécula de HCl deve ser mais estável do que as moléculas de HBr e HI.
- III. Entre as moléculas gasosas H₂, O₂ e Cℓ₂, a molécula de Cℓ₂ é a menos estável.
- IV. A reação H_{2(g)} + Cℓ_{2(g)} → 2HCℓ_(g) deve ser endotérmica.

Quais estão **CORRETAS**?

- A) Apenas I e II. D) Apenas I, III e IV.
 B) Apenas I e III. E) Apenas II, III e IV.
 C) Apenas II e III.
02. (ITA-SP) Assinale qual das reações a seguir é a mais endoenergética.
- A) B_{2(g)} → 2B_(g) D) O_{2(g)} → 2O_(g)
 B) C_{2(g)} → 2C_(g) E) F_{2(g)} → 2F_(g)
 C) N_{2(g)} → 2N_(g)
03. (UFMG) Metano, o principal componente do gás natural, é um importante combustível industrial. A equação balanceada de sua combustão é:



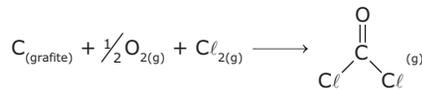
Considerem-se, ainda, as seguintes energias de ligação, em kJ.mol⁻¹,

$$\begin{array}{ll} E(\text{C—H}) = 416 & E(\text{O}=\text{O}) = 498 \\ E(\text{C}=\text{O}) = 805 & E(\text{O—H}) = 464 \end{array}$$

Utilizando-se os dados anteriores, pode-se estimar que a entalpia de combustão do metano, em kJ.mol⁻¹, é

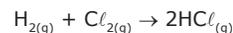
- A) -2 660. C) -122. E) 806.
 B) -806. D) 122.

04. (UFJF-MG-2010) O fosgênio (COCl₂) ou diclorometanona é um gás tóxico que foi utilizado na Primeira Guerra Mundial como arma química do tipo sufocante. Utilizando os dados a seguir, calcule o ΔH de formação do gás fosgênio, em kJ.mol⁻¹, e assinale a alternativa **CORRETA**.



Ligação	Energia de Ligação (kJ.mol ⁻¹)
C=O	804
C—Cℓ	346
O=O	498
Cℓ—Cℓ	243

- A) -1 004 C) -409 E) +1 891
 B) +1 004 D) -1 891
05. (UFOP-MG-2008) O ácido clorídrico é um importante ácido industrial, e uma das etapas de sua obtenção é representada pela seguinte equação química:



Considere a seguinte tabela de valores de energia de ligação:

Substância	Energia de ligação / kJ.mol ⁻¹
H _{2(g)}	436,0
Cℓ _{2(g)}	243,0
HCℓ _(g)	432,0

Com base nessa tabela, pode-se afirmar que a entalpia de formação do HCℓ_(g), em kJ.mol⁻¹, é de

- A) 247,0. C) -247,0.
 B) 123,0. D) -92,5.

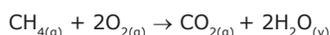
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (ITA-SP) Sob 1 atm e a 25 °C, qual das reações a seguir equacionadas deve ser a mais exotérmica?
- A) H_{2(g)} + F_{2(g)} → 2HF_(g) D) Br_{2(g)} + I_{2(g)} → 2BrI_(g)
 B) H_{2(g)} + Cℓ_{2(g)} → 2HCℓ_(g) E) Cℓ_{2(g)} + Br_{2(g)} → 2CℓBr_(g)
 C) H_{2(g)} + I_{2(g)} → 2HI_(g)
02. (EFOA-MG) O flúor (F₂) e o hidrogênio (H₂) são gases à temperatura ambiente e reagem explosivamente, produzindo o gás fluoreto de hidrogênio, liberando 537 kJ.mol⁻¹ de energia.
- A) **ESCREVA** a equação balanceada para essa reação.
 B) A energia da ligação F—F é igual a 158 kJ.mol⁻¹ e a da ligação H—H é 432 kJ.mol⁻¹. A energia de ligação H—F é _____ kJ.mol⁻¹.
 C) A reação entre 0,1 mol de F₂ e 0,1 mol de H₂ liberará _____ kJ.

03. (UFRGS) Os valores de energia de ligação entre alguns átomos são fornecidos no quadro a seguir:

Ligação	Energia (kJ.mol ⁻¹)
C—H	413
O=O	494
C=O	804
O—H	463

Considerando a reação representada por



o valor aproximado de ΔH , em kJ, é de

- A) -820. C) +106. E) +820.
B) -360. D) +360.

04. (UEG-GO-2007)

Ligação	Entalpia de ligação / kJ.mol ⁻¹
C—C	348
C—H	412
C=O	743
O=O	484
O—H	463

Baseado na tabela anterior contendo valores de entalpias de ligação, o calor liberado em kJ.mol⁻¹, na reação de combustão completa do butano em fase gasosa, seria

- A) 1 970. B) 2 264. C) 4 180. D) 5 410.

05. (UNIFESP) Com base nos dados da tabela,

Ligação	Energia média de ligação (kJ.mol ⁻¹)
O—H	460
H—H	436
O=O	490

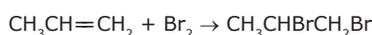
pode-se estimar que o ΔH da reação representada por $2\text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightarrow 2\text{H}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$, dado em kJ por mol de $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$, é igual a

- A) +239. C) +1 101. E) -478.
B) +478. D) -239.

06. (UFRGS) Considere as energias de ligação, em kJ.mol⁻¹, listadas na tabela a seguir:

Ligação	Energia (kJ.mol ⁻¹)
C—C	347
C=C	611
C—H	414
Br—Br	192
H—Br	368
C—Br	284

O valor de ΔH^0 , em kJ.mol⁻¹, para a reação



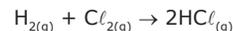
é igual a

- A) -235. B) -112. C) zero. D) +112. E) +235.

07. (UFV-MG) Considere os dados da tabela a seguir:

Ligação	Cℓ—Cℓ	H—Cℓ	H—H
Energia de ligação (kcal.mol ⁻¹)	58,0	103,0	104,0

- A) **CALCULE** o ΔH , em kcal.mol⁻¹, da reação representada a seguir:



- B) Essa reação é endotérmica ou exotérmica? **JUSTIFIQUE.**

(FGV-SP-2008)

Instrução: Na tabela, são dadas as energias de ligação (kJ/mol) a 25 °C para algumas ligações simples, para moléculas diatômicas entre H e os halogênios (X). Observe-a e responda às questões **08** e **09**.

	H	F	Cℓ	Br	I
H	432	568	431	366	298
F		158	254	250	278
Cℓ			243	219	210
Br				193	175
I					151

08. Analise as afirmações seguintes.

- I. Entre os compostos HX, o HF é o ácido mais fraco e a sua ligação H—F é a mais forte.
II. A distância de ligação entre os átomos nas moléculas X₂ é maior no I₂, já que a sua energia de ligação é a mais fraca.
III. A molécula com maior momento dipolar é o HI.

Está **CORRETO** o contido em

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

09. O cloreto de hidrogênio é um gás que, quando borbulhado em água, resulta em uma solução de ácido clorídrico. Esse composto é um dos ácidos mais utilizados nas indústrias e laboratórios químicos. A energia para formação de 2 mol de cloreto de hidrogênio, em kJ, a partir de seus elementos, é igual a

- A) +862. C) -187. E) -862.
B) +187. D) -244.

10. (UFTM-MG) O fósforo branco e o fósforo vermelho são alótropos do elemento fósforo. O arranjo estrutural dessas moléculas é tetraédrico, com átomos de P em cada vértice. A energia de dissociação do fósforo branco, P₄, é 1 260 kJ.mol⁻¹. O valor médio previsto para a energia de ligação P—P no fósforo branco é, em kJ.mol⁻¹,



fósforo branco (P₄)

- A) 210. B) 252 C) 315. D) 420. E) 630.

11. (Unifor-CE-2006) A partir dos seguintes dados:

Entalpia padrão de ligação (25 °C, 1 atm) / kJ.mol ⁻¹	Entalpia padrão de formação (25 °C, 1 atm) / kJ.mol ⁻¹
Cℓ—Cℓ ⇒ 242 (estado gasoso)	CCℓ _{4(g)} ⇒ -108 C _(g) ⇒ 718 C _(s, grafite) ⇒ zero Cℓ _{2(g)} ⇒ zero

Calcula-se que a entalpia padrão média de ligação C—Cℓ é, em kJ.mol⁻¹, aproximadamente,

- A) 328. D) 926.
B) 450. E) 986.
C) 816.

12. (UFTM-MG) Utilizando os valores médios de energia de ligação (variação de energia quando 1,0 mol de ligações é quebrado no estado gasoso a 25 °C e 1 atm) em kJ/mol (H—H: 436; O=O: 496; e O—H: 463) e a entalpia de vaporização de H₂O a 25 °C igual a 44 kJ/mol, a entalpia de formação da água no estado líquido, em kJ/mol, é

- A) +286. C) +198. E) -286.
B) +242. D) -242.

13. (UFU-MG-2009) O tetracloreto de carbono (CCℓ₄) – matéria-prima dos clorofluorocarbonos (CFCs) – é uma substância líquida, incolor e com cheiro adocicado característico. Essa substância teve sua produção industrial reduzida, a partir da década de 1980, em função do impacto ambiental causado pelos gases de refrigeração (freons) na camada de ozônio (O₃). O tetracloreto de carbono gasoso pode ser produzido pela reação do gás metano (CH₄) com o gás cloro (Cℓ₂), na presença de luz. Esse processo, denominado halogenação, é um tipo de reação de substituição em hidrocarbonetos.

Considere os dados a seguir e faça o que se pede.

Ligação	Energia
H—H	436
Cℓ—Cℓ	242
C—H	413
H—Cℓ	431
C—Cℓ	327

Dados: Valores médios de algumas energias de ligação em kJ/mol, a 25 °C e 1 atm

- A) **ESCREVA** a fórmula eletrônica de Lewis dos gases: metano, cloro e tetracloreto de carbono.
B) **EQUACIONE** e **BALANCEIE** a reação entre o gás metano e o gás cloro.
C) **CALCULE** a energia da reação (ΔH) entre o gás metano e gás cloro.
D) **CALCULE** a massa produzida de tetracloreto de carbono quando 0,2 mol de metano reagem completamente com gás cloro.

SEÇÃO ENEM

01. Os CFCs, clorofluorcarbonetos, são gases ou líquidos à temperatura ambiente. Como eles não são tóxicos, explosivos ou corrosivos, foram muito utilizados como propelentes em *sprays*, como gases refrigerantes em geladeiras e congeladores e como gás de expansão na fabricação da espuma de poliestireno (isopor).

Esses compostos, sob a ação da radiação ultravioleta, sofrem decomposição originando dois radicais livres, como no exemplo a seguir:



O radical livre cloro (Cℓ_(g)•) catalisa o processo de destruição da camada de ozônio. Ele pode ser reciclado milhares de vezes, fazendo com que apenas uma molécula de CFC provoque a quebra de mais de 1 000 moléculas de ozônio.

Nos CFCs, as ligações menos estáveis, ou seja, que apresentam menor energia de ligação são

- A) as ligações C—Cℓ.
B) as ligações Cℓ—Cℓ.
C) as ligações C—F.
D) as ligações F—F.
E) as ligações C—C.

GABARITO

Fixação

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

Propostos

01. A
02. A) F_{2(g)} + H_{2(g)} → 2HF_(g) ΔH = -537 kJ.mol⁻¹
B) 563,5 kJ.mol⁻¹
C) 53,7 kJ
03. A 04. B 05. A 06. B
07. A) -22 kcal.mol⁻¹ de HCl formado.
B) A reação é exotérmica, devido ao valor negativo de ΔH.

08. B 09. C 10. A 11. A 12. E



- B) CH_{4(g)} + 4Cℓ_{2(g)} → CCℓ_{4(g)} + 4HCℓ_(g)
C) ΔH = -412 kJ.mol⁻¹
D) 30,8 g

Seção Enem

01. A

QUÍMICA

Teoria das colisões e do complexo ativado

MÓDULO
05

FRENTE
B

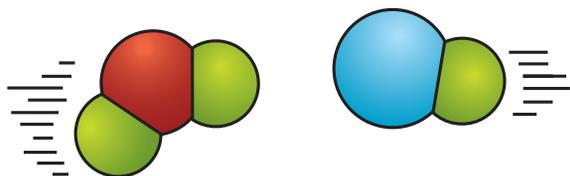
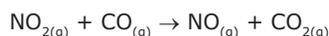
ETAPAS DE UMA REAÇÃO

Reação química é o processo em que substâncias iniciais (reagentes) entram em contato. Devido à afinidade química entre elas, há a formação dos produtos (substâncias finais).

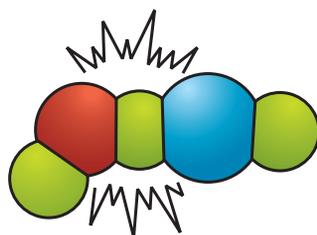
Podemos dividir uma reação química em 3 etapas:

- 1ª Quebra de ligações devido ao contato entre as partículas reagentes;
- 2ª Rearranjo atômico (mudança dos átomos de lugar);
- 3ª Formação de novas ligações.

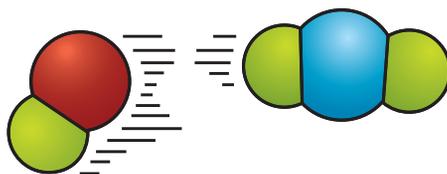
Exemplo:



choque efetivo entre os reagentes



complexo ativado



produtos

TEORIA DAS COLISÕES

A Teoria das Colisões é aplicável aos gases e faz uso do modelo de esfera rígida para as partículas reagentes. Ela não prevê a existência de interações atrativas e repulsivas entre as partículas que colidem e considera apenas o movimento de translação dessas partículas.

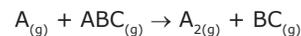
Segundo essa teoria, para que duas partículas reajam, é necessário que ocorra uma colisão inelástica entre elas. Somente aquelas colisões frontais em que a energia cinética relativa das partículas é superior a um determinado valor crítico, denominado **energia de ativação**, resultam em reação química.

Colisões efetivas na Teoria das Colisões

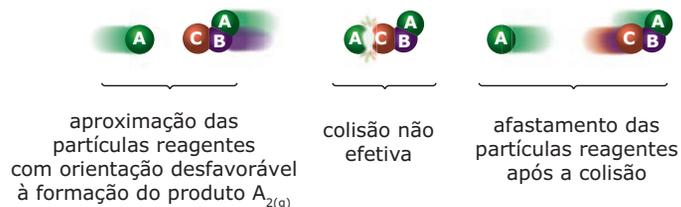
As colisões que resultam em reação química são denominadas **colisões efetivas** e apresentam as seguintes características:

- A energia cinética das partículas que colidem deve ser maior ou igual à energia de ativação.
- Apresentam orientação favorável. Existem determinadas direções que favorecem a quebra e a formação de ligações químicas. Essa orientação depende do tamanho e da geometria das partículas reagentes.

Tomemos como exemplo a reação hipotética:



As colisões entre as partículas reagentes $\text{A}_{(g)} + \text{ABC}_{(g)}$ podem ocorrer de forma efetiva (eficaz) ou não efetiva (não eficaz):



Toda reação ocorre a partir de colisões entre as partículas reagentes, mas nem toda colisão resultará em uma reação química.

A colisão anterior não foi efetiva para a formação

- do produto $A_{2(g)}$, pois a orientação ou a geometria da colisão não foi favorável;
- dos produtos $AC_{(g)}$ e $AB_{(g)}$, pois não apresentava energia cinética maior ou igual à energia de ativação, ou seja, a colisão não foi suficientemente intensa para quebrar a ligação C—B e formar a ligação A—C.

A orientação favorável para originar o produto $A_{2(g)}$ corresponde à direção da linha que une os centros das esferas A.



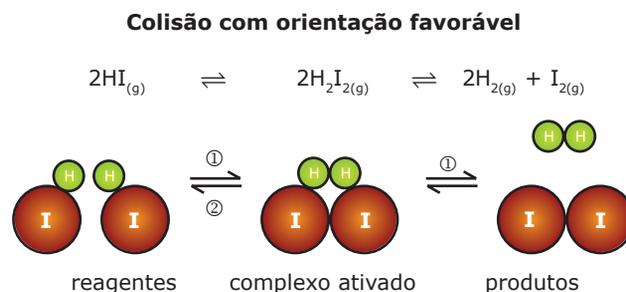
A energia potencial do complexo ativado é superior às energias potenciais dos reagentes e dos produtos. Portanto, ele é mais instável do que os reagentes e os produtos. Sua instabilidade é tão alta que seu tempo médio de vida é da ordem de 10^{-6} segundos.

No complexo ativado, as partículas reagentes atingiram um ponto de aproximação e de deformação tão grande que uma pequena deformação extra origina os produtos. Contudo, existe também a probabilidade de o complexo ativado retornar à condição inicial de reagentes.

Colisões efetivas na Teoria do Complexo Ativado

Na Teoria do Complexo Ativado, as colisões são efetivas quando, a partir da decomposição do complexo ativado, há a formação de produtos. As colisões com orientação favorável podem ser efetivas ou não efetivas.

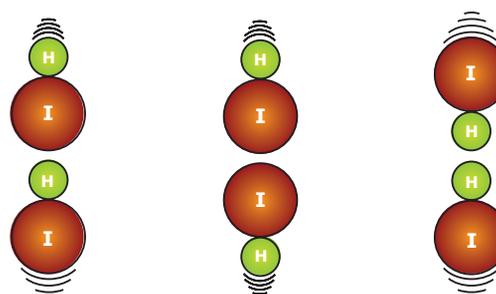
Tomemos como exemplo a reação de decomposição do $HI_{(g)}$.



No sentido ①, os reagentes formam o complexo ativado, que sofre decomposição e origina os produtos. Dessa forma, a colisão entre os reagentes é uma colisão efetiva. No sentido ②, os reagentes formam o complexo ativado, que sofre decomposição e volta a originar os reagentes. Dessa forma, a colisão entre os reagentes é uma colisão não efetiva.

As colisões com orientação desfavorável não são efetivas.

Colisões com orientações desfavoráveis



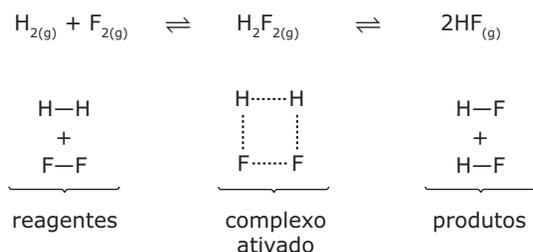
O COMPLEXO ATIVADO (CA)

Quando duas partículas reagentes se aproximam, ocorre um aumento da repulsão existente entre elas. Caso essas partículas possuam uma energia cinética suficientemente grande, elas serão desaceleradas, mas não o suficiente para evitar uma colisão. Essa colisão promove a fusão das nuvens eletrônicas das partículas reagentes, originando uma espécie química denominada **complexo ativado**.

A energia cinética mínima necessária para permitir a colisão entre as partículas reagentes, originando o complexo ativado, é denominada **energia de ativação**.

O complexo ativado é uma espécie química instável e transitória (intermediária), na qual todos os átomos que formam os reagentes encontram-se em uma mesma nuvem eletrônica. Nesse momento, algumas de suas ligações começam a ser rompidas e as ligações que originarão os produtos começam a ser formadas.

A reação de síntese do $HF_{(g)}$ pode ser representada pelas seguintes equações:



FATORES QUE INFLUENCIAM A VELOCIDADE DE REAÇÃO

Tanto na Teoria das Colisões quanto na Teoria do Complexo Ativado, a velocidade de uma reação química será tanto maior quanto maior for a frequência das colisões efetivas, ou seja, quanto maior for o número de colisões efetivas por unidade de tempo. Assim, os fatores que aumentam a velocidade de uma reação química são aqueles que aumentam a frequência das colisões efetivas.

Concentração dos reagentes

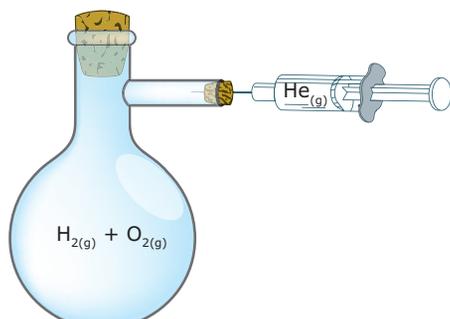
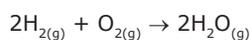
Quanto maior a quantidade de reagentes, maior é o número de espécies químicas que podem realizar os choques efetivos e, conseqüentemente, maior será a velocidade de reação.

Pressão

Para sistemas gasosos, quanto maior for a pressão, menor será o volume do sistema (à temperatura constante), o que aumentará a probabilidade da existência de um choque efetivo, devido à diminuição da distância média entre as espécies reagentes.

O aumento da pressão em um sistema gasoso pela adição de um gás inerte aos reagentes (hélio, por exemplo) aumenta a frequência de colisões no sistema, mas não aumenta a frequência de colisões efetivas e, portanto, não altera a velocidade da reação química.

A velocidade de uma reação química só é aumentada quando ocorre um aumento da pressão parcial dos reagentes gasosos, pois esse é o único aumento de pressão que eleva a frequência de colisões efetivas. A adição de gás inerte a um sistema reacional aumenta a pressão total do sistema, mas não altera a pressão parcial dos gases reagentes. Por exemplo, o sistema reacional a seguir, formado pela mistura de hidrogênio e oxigênio com pressões parciais iguais a 0,8 atm e 0,4 atm, respectivamente, num balão conectado a uma seringa com gás inerte.



Pressão total antes da adição de gás hélio inerte:

$$P_{\text{total antes da adição de gás inerte}} = P_{\text{H}_2} + P_{\text{O}_2}$$

$$P_{\text{total antes da adição de gás inerte}} = 0,8 \text{ atm} + 0,4 \text{ atm}$$

$$P_{\text{total antes da adição de gás inerte}} = 1,2 \text{ atm}$$

Pressão total após a adição de gás hélio inerte com 0,2 atm de pressão parcial:

$$P_{\text{total após a adição de gás inerte}} = P_{\text{H}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{He}}$$

$$P_{\text{total após a adição de gás inerte}} = 0,8 \text{ atm} + 0,4 \text{ atm} + 0,2 \text{ atm}$$

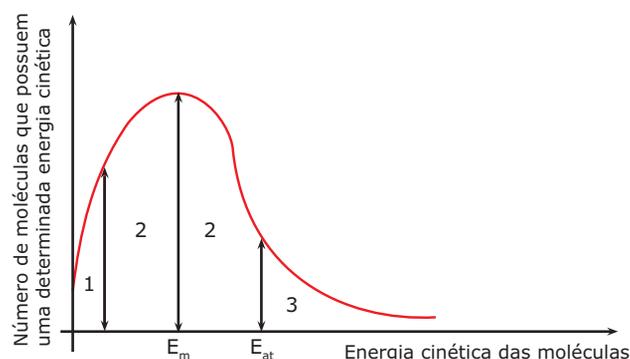
$$P_{\text{total após a adição de gás inerte}} = 1,4 \text{ atm}$$

Portanto, a adição de gás He aumentou a pressão total do sistema, mas não aumentou as pressões parciais dos reagentes. Sendo assim, a frequência de colisões efetivas continua a mesma.

Temperatura

Quando aumentamos a temperatura, estamos aumentando o número de moléculas com energia mínima necessária para atingir o estado de complexo ativado (E_{at}).

Em uma amostra de reagentes, nem todas as espécies apresentam a mesma energia em um dado instante. A distribuição de energia entre as espécies reagentes é dada pela curva que se segue.



E_m : Energia média

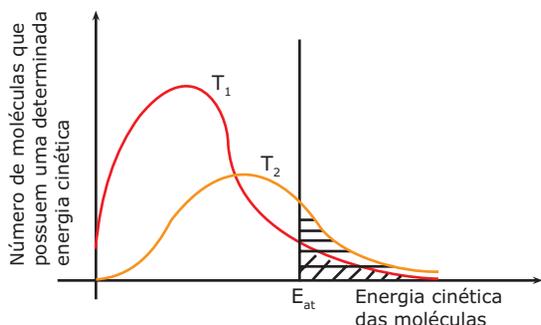
E_{at} : Energia de ativação

Região 1: Uma pequena parte das espécies da amostra possui baixa energia.

Região 2: A maioria das espécies da amostra possui energia mediana.

Região 3: Uma pequena parte das espécies da amostra possui energia superior à energia de ativação.

Com o aumento da temperatura, há uma nova distribuição de energia entre as espécies reagentes.



Note que o aumento da temperatura ($T_1 < T_2$) aumenta a fração de moléculas com energia maior ou igual à energia de ativação. Sendo assim, haverá um aumento da velocidade de reação.

Regra de Van't Hoff

Para algumas reações, a cada aumento de 10 °C na temperatura há a duplicação da velocidade de reação.

$$v_2 = 2^{\frac{T_2 - T_1}{10\text{ }^\circ\text{C}}} \cdot v_1$$

em que

v_2 = velocidade na temperatura T_2

v_1 = velocidade na temperatura T_1

OBSERVAÇÃO

- Note que um aumento de 10 °C não necessariamente dobra a energia das moléculas. Entretanto, aumenta a quantidade de moléculas com energia maior ou igual à de ativação, aumentando (dobrando) a quantidade de choques efetivos.

Estado físico dos reagentes

Ordem de velocidades:

$$v_{\text{sólido}} < v_{\text{líquido}} < v_{\text{gasoso}}$$

Está relacionada a esse fator a energia com qual cada uma das moléculas reagentes promove o choque e o contato entre as mesmas. No estado gasoso, o contato é máximo. Duas substâncias gasosas dispersam-se totalmente, formando uma solução, e suas partículas são as mais energéticas, entre todos os estados físicos; logo, sua velocidade de reação será maior.

Superfície de contato

No estado sólido, o contato entre dois reagentes só se dá na superfície externa do sólido. Com a finalidade de aumentar a superfície de contato e, conseqüentemente, a velocidade da reação, trituramos o sólido, ou seja, o pulverizamos, transformando-o em pó.

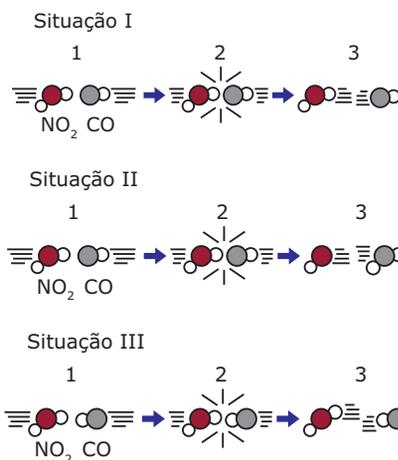
$$v_{\text{grãos}} < v_{\text{pó}}$$

Catalisadores

Os catalisadores são substâncias químicas que, ao serem adicionadas à reação, alteram sua velocidade. Os catalisadores diminuem a energia de ativação, formando um novo complexo ativado, com energia mais baixa, aumentando a velocidade da reação.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01.** (UFRGS) As figuras a seguir representam as colisões entre as moléculas reagentes de uma mesma reação em três situações.



Pode-se afirmar que,

- na situação I, as moléculas reagentes apresentam energia maior que a energia de ativação, mas a geometria da colisão não favorece a formação dos produtos.
- na situação II, ocorreu uma colisão com geometria favorável e energia suficiente para formar os produtos.
- na situação III, as moléculas reagentes foram completamente transformadas em produtos.
- nas situações I e III, ocorreram reações químicas, pois as colisões foram eficazes.
- nas situações I, II e III, ocorreu a formação do complexo ativado, produzindo novas substâncias.

02. (UFU-MG) Na natureza, algumas reações químicas ocorrem lentamente. A degradação de celulose vegetal, por exemplo, que origina carvão, demora milhões de anos, outras, como a oxidação de um pedaço de ferro exposto ao ar, demoram apenas alguns dias. Indique a alternativa **FALSA**.

- A) Em geral, o aumento da temperatura faz com que as moléculas sejam mais rápidas, tendo colisões mais energéticas e em maior número, aumentando a rapidez da reação.
- B) Colisões efetivas são aquelas em que as moléculas possuem energia suficiente e orientação favorável para a quebra e a conseqüente formação de ligações.
- C) Quando algum dos reagentes é sólido, sua trituração aumenta a rapidez da reação, porque a superfície de contato aumenta.
- D) Catalisadores são reagentes que aceleram uma reação, alterando seu mecanismo através do aumento da energia de ativação, regenerando-se ao final do processo.
- E) Quanto maior o número de colisões efetivas, maior é a rapidez da reação.

03. (UFMG) Considere a reação apresentada pela equação



Todas as alternativas apresentam fatores que aumentam a rapidez da reação direta, **EXCETO**

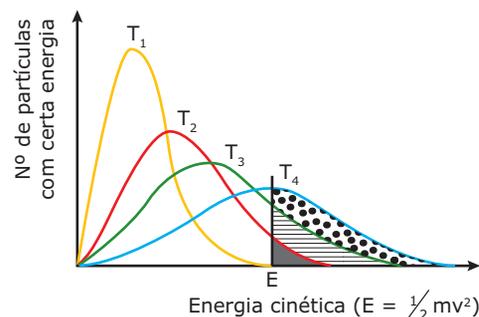
- A) Aumento da concentração do oxigênio.
- B) Diluição do sistema.
- C) Elevação da temperatura.
- D) Presença de um catalisador.
- E) Pulverização do carbono.

04. (UEPG-PR-2007) A respeito dos fatores que influenciam a cinética de reações químicas, considere o que for **CORRETO**.

- 01. A energia de ativação de uma reação é independente da ação de um catalisador.
- 02. A velocidade da reação aumenta com o aumento da superfície de contato entre os reagentes.
- 04. A velocidade da reação aumenta com o aumento da temperatura, devido à maior frequência de colisões efetivas entre as moléculas dos reagentes.
- 08. Toda colisão com orientação adequada produz uma reação química.

Soma ()

05. (UERJ) O gráfico a seguir refere-se às curvas de distribuição de energia cinética entre um mesmo número de partículas, para quatro valores diferentes de temperatura T_1, T_2, T_3 e T_4 , sendo $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$. Note que as áreas sob cada uma das curvas são idênticas, uma vez que são proporcionais a um mesmo número de partículas.



GEPEQ. *Interações e transformações II*. São Paulo: EDUSP, 1998 (Adaptação).

As transformações químicas serão tanto mais rápidas quanto maior for o número de colisões possíveis.

Porém, isso depende não só do valor do número de colisões, mas também do valor mínimo da energia, chamado energia de limiar ou de ativação (por exemplo, a energia E indicada no gráfico).

Assim, com relação ao gráfico apresentado, a transformação química torna-se **MAIS** rápida na seguinte temperatura:

- A) T_1
- B) T_2
- C) T_3
- D) T_4

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) Um palito de fósforo não se acende, espontaneamente, enquanto está guardado. Porém, basta um ligeiro atrito com uma superfície áspera para que ele, imediatamente, entre em combustão, com emissão de luz e calor.

Considerando-se essas observações, é **CORRETO** afirmar que a reação

- A) é endotérmica e tem energia de ativação maior que a energia fornecida pelo atrito.
- B) é endotérmica e tem energia de ativação menor que a energia fornecida pelo atrito.
- C) é exotérmica e tem energia de ativação maior que a energia fornecida pelo atrito.
- D) é exotérmica e tem energia de ativação menor que a energia fornecida pelo atrito.

02. (UFSM-RS) Para que ocorra uma reação química, é necessário que os reagentes entrem em contato, através de colisões, o que se chama Teoria das Colisões. Essa teoria baseia-se em:

- I. Todas as colisões entre os reagentes são efetivas (ou favoráveis).
- II. A velocidade da reação é diretamente proporcional ao número de colisões efetivas (ou favoráveis).
- III. Existem colisões que não são favoráveis à formação do produto.
- IV. Maior será a velocidade de reação, quanto maior for a energia de ativação.

Estão **CORRETAS**

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

03. (UFC-2007) Assinale a alternativa que apresenta, na seqüência, os termos adequados para o **CORRETO** preenchimento das lacunas a seguir:

De uma reação química, participam espécies denominadas de _____, que reagem entre si. Entre elas deve ocorrer _____, formando o que se chama de _____, para originar os produtos. Como a velocidade das colisões é profundamente afetada pela _____ das partículas, quanto maior a temperatura, maior será o número de choques efetivos.

- A) Complexos ativados, reação, intermediário, agitação térmica
- B) Catalisadores, mudança de estado, complexo ativado, pressão
- C) Reagentes, complexo ativado, choque efetivo, agitação térmica
- D) Reagentes, choque efetivo, complexo ativado, agitação térmica
- E) Reagentes, diferença de temperatura, agitação térmica, concentração

04. (VUNESP / Adaptado) A fonte energética primária do corpo humano vem da reação entre a glicose ($C_6H_{12}O_6$) em solução e o oxigênio gasoso transportado pelo sangue. São gerados dióxido de carbono gasoso e água líquida como produtos. Na temperatura normal do corpo ($36,5\text{ }^\circ\text{C}$), a interrupção do fornecimento energético para certos órgãos não pode exceder 5 minutos. Em algumas cirurgias, para evitar lesões irreversíveis nesses órgãos, decorrentes da redução da oxigenação, o paciente tem sua temperatura corporal reduzida para $25\text{ }^\circ\text{C}$, e só então a circulação sanguínea é interrompida. **EXPLIQUE** por que o abaixamento da temperatura do corpo do paciente impede a ocorrência de lesões durante a interrupção da circulação.

05. (UFMG) Três experimentos foram realizados para investigar a rapidez da reação entre HCl aquoso diluído e ferro metálico. Para isso, foram contadas, durante 30 segundos, as bolhas de gás formadas imediatamente após os reagentes serem misturados.

Em cada experimento, usou-se o mesmo volume de uma mesma solução de HCl e a mesma massa de ferro, variando-se a forma de apresentação da amostra de ferro e a temperatura.

O quadro indica as condições em que cada experimento foi realizado.

Experimento	Ferro (2 g)	Temperatura
I	Prego	$40\text{ }^\circ\text{C}$
II	Prego	$20\text{ }^\circ\text{C}$
III	Palhinha de aço	$40\text{ }^\circ\text{C}$

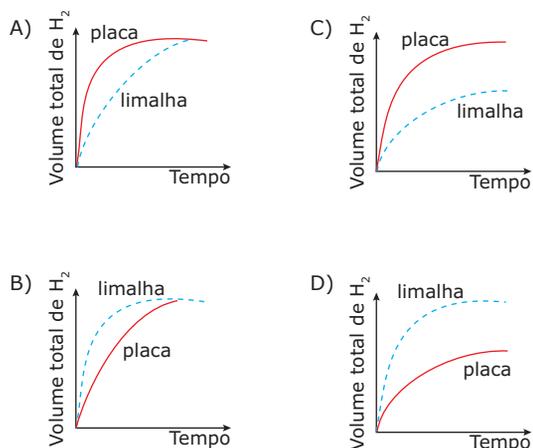
Assinale a alternativa que apresenta os experimentos na ordem crescente do número de bolhas observado.

- A) II, I, III
- B) III, II, I
- C) I, II, III
- D) II, III, I

06. (UFMG) Em dois experimentos, massas iguais de ferro reagiram com volumes iguais da mesma solução aquosa de ácido clorídrico, à mesma temperatura. Em um dos experimentos, usou-se uma placa de ferro; no outro, a mesma massa de ferro, na forma de limalha.

Nos dois casos, o volume total de gás hidrogênio produzido foi medido, periodicamente, até que toda a massa de ferro fosse consumida.

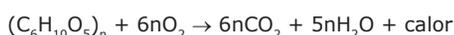
Assinale a alternativa cujo gráfico **MELHOR** representa as curvas do volume total do gás hidrogênio produzido em função do tempo.



07. (Fatec-SP) A respeito da velocidade das reações químicas, podemos afirmar que

- A) o catalisador aumenta a velocidade da reação porque provoca um aumento na energia de ativação.
- B) um aumento de 10 °C na temperatura da reação, geralmente, diminui a velocidade à metade.
- C) a reação de decomposição da água oxigenada é acelerada pela presença da luz.
- D) a reação entre zinco e ácido clorídrico será mais rápida, trabalhando-se com zinco em pedra, do que com zinco em pó.
- E) a velocidade da reação é independente da concentração molar dos reagentes.

08. (UFMG) Embora a reação de oxidação da celulose seja altamente exotérmica,



um jornal, ou mesmo esta apostila (cujo papel é constituído essencialmente de celulose), pode ser lido ao ar livre ou mesmo numa câmara de oxigênio, sem se transformar.

Em relação ao exposto, as seguintes afirmativas estão corretas, **EXCETO**

- A) A rapidez dessa reação é extremamente pequena.
- B) Um aumento da pressão de oxigênio não influencia apreciavelmente a rapidez da reação.
- C) Para a reação ocorrer, é necessário que seja vencida uma barreira de energia.
- D) A rapidez de uma reação não depende da concentração dos reagentes.
- E) Reações exotérmicas não são necessariamente espontâneas.

09. (UFPI-2006) Qual das sugestões para aumentar a velocidade de uma reação **NÃO** encontra suporte teórico na Teoria das Colisões?

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

10. (PUC RS) Para responder à questão, analise as afirmativas a seguir:

- I. Uma reação com energia de ativação 40 kJ é mais lenta que uma outra reação que apresenta energia de ativação igual a 130 kJ.
- II. A adição de um catalisador a uma reação química proporciona um novo "caminho" de reação, no qual a energia de ativação é diminuída.

III. Um aumento de temperatura geralmente provoca um aumento na energia de ativação da reação.

IV. A associação dos reagentes com energia igual à energia de ativação constitui o complexo ativado.

Pela análise das afirmativas, conclui-se que somente estão **CORRETAS**

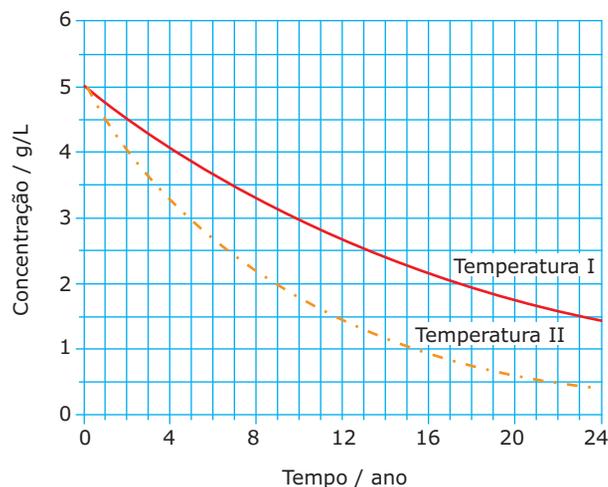
- A) I e II.
- B) I e III.
- C) II e IV.
- D) I, III e IV.
- E) II, III e IV.

11. (FUVEST-SP) **EXPLIQUE** por que

- A) os alimentos cozinham mais rapidamente nas "panelas de pressão"?
- B) cigarro aceso é consumido mais rapidamente no momento em que se dá a "tragada"?

12. (UFMG-2010) Define-se o prazo de validade de um medicamento como o tempo transcorrido para decomposição de 10% do princípio ativo presente em sua formulação.

Neste gráfico, está representada a variação de concentração do princípio ativo de um medicamento, em função do tempo, nas temperaturas I e II:



Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que

- A) a concentração do princípio ativo, na temperatura I, após 5 anos, é de 3 g/L.
- B) a temperatura II é menor que a temperatura I.
- C) o prazo de validade, na temperatura I, é maior.
- D) o prazo de validade, na temperatura II, é de 22 anos.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem–1999) A deterioração de um alimento é resultado de transformações químicas que decorrem, na maioria dos casos, da interação do alimento com micro-organismos ou, ainda, da interação com o oxigênio do ar, como é o caso da rancificação de gorduras. Para conservar por mais tempo um alimento, deve-se, portanto, procurar impedir ou retardar ao máximo a ocorrência dessas transformações.

Os processos comumente utilizados para conservar alimentos levam em conta os seguintes fatores:

- I. micro-organismos dependem da água líquida para sua sobrevivência.
- II. micro-organismos necessitam de temperaturas adequadas para crescerem e se multiplicarem. A multiplicação de micro-organismos, em geral, é mais rápida entre 25 °C e 45 °C, aproximadamente.
- III. transformações químicas têm maior rapidez quanto maiores forem a temperatura e a superfície de contato das substâncias que interagem.
- IV. há substâncias que acrescentadas ao alimento dificultam a sobrevivência ou a multiplicação de micro-organismos.
- V. no ar há micro-organismos que, encontrando alimento, água líquida e temperaturas adequadas, crescem e se multiplicam.

Em uma embalagem de leite “longa-vida”, lê-se:

“Após aberto, é preciso guardá-lo em geladeira”

Caso uma pessoa não siga tal instrução, principalmente no verão tropical, o leite se deteriorará rapidamente, devido a razões relacionadas com

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

- 02.** (Enem–2010) Alguns fatores podem alterar a rapidez das reações químicas. A seguir, destacam-se três exemplos no contexto da preparação e da conservação de alimentos.

1. A maioria dos produtos alimentícios se conserva por muito mais tempo quando submetidos à refrigeração. Esse procedimento diminui a rapidez das reações que contribuem para a degradação de certos alimentos.
2. Um procedimento muito comum utilizado em práticas de culinária é o corte dos alimentos para acelerar o seu cozimento, caso não se tenha uma panela de pressão.
3. Na preparação de iogurtes, adicionam-se ao leite bactérias produtoras de enzimas que aceleram as reações envolvendo açúcares e proteínas lácteas.

Com base no texto, quais são os fatores que influenciam a rapidez das transformações químicas relacionadas aos exemplos 1, 2 e 3, respectivamente?

- A) Temperatura, superfície de contato e concentração.
- B) Concentração, superfície de contato e catalisadores.
- C) Temperatura, superfície de contato e catalisadores.
- D) Superfície de contato, temperatura e concentração.
- E) Temperatura, concentração e catalisadores.

GABARITO

Fixação

01. B
02. D
03. B
04. Soma = 06
05. D

Propostos

01. D
02. B
03. D
04. Diminuindo-se a temperatura corpórea de 36,5 °C para 25 °C, ocorrerá a diminuição da velocidade das reações metabólicas e o aumento da quantidade de oxigênio dissolvido no sangue. Desse modo, o tempo necessário para que os órgãos comecem a sofrer lesões irreversíveis será superior a 5 minutos.
05. A
06. B
07. C
08. D
09. E
10. C
11. A) Porque a temperatura de ebulição da água na “panela de pressão” é maior do que em uma panela comum.
B) No momento da “tragada”, há um aumento da quantidade de oxigênio disponível para combustão, o que acelera a queima do cigarro.
12. C

Seção Enem

01. C
02. C

QUÍMICA

Catálises

MÓDULO
06

FRENTE
B

CATALISADORES

São substâncias químicas que, ao serem adicionadas ao sistema reacional, aumentam a velocidade da reação. Isso acontece porque há criação de um novo complexo ativado menos energético, o que diminui a energia de ativação.

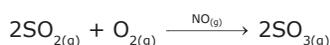
Características de um catalisador

- Aumenta a velocidade de uma reação química.
- Um catalisador pode participar de uma das etapas da reação, sendo consumido; porém, ao final do processo, ele é integralmente regenerado.
- Quando atua em uma reação reversível, age com a mesma intensidade na reação direta e na reação inversa.
- Não altera os valores de H_r , H_p e ΔH .
- Cria, para a reação, um novo caminho para formação dos produtos, com energia de ativação menor.
- É específico, ou seja, um catalisador não é capaz de catalisar todas as reações.

Tipos de catálise

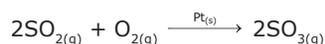
Homogênea

Catalisador e reagentes formam uma única fase.



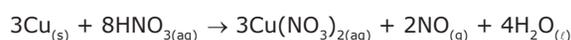
Heterogênea

Catalisador e reagentes formam mais de uma fase.



Autocatálise

O catalisador é um dos produtos da reação que, ao ser formado e atingir uma determinada concentração, atua como catalisador da reação.



Inicialmente, a reação é lenta. Porém, o NO atua como catalisador, fazendo com que a mesma chegue a ser muito rápida.

Catálise externa

O catalisador é externo à reação e é adicionado somente para aumentar a velocidade.

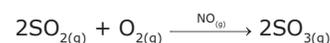


Mecanismos da catálise

As duas principais maneiras de atuação de um catalisador são:

1. Por formação de um produto intermediário que facilita o andamento da reação.

Exemplo:



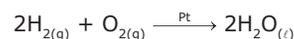
1ª etapa: $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ (lenta)

2ª etapa: $2\text{NO}_2 + 2\text{SO}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3 + 2\text{NO}$ (rápida)

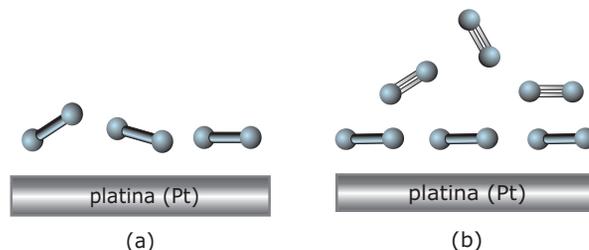
NO é o catalisador, NO_2 é o intermediário.

2. Por adsorção dos reagentes, isto é, retendo em sua superfície as moléculas dos reagentes.

Exemplo:



A platina é um metal de transição deficiente em elétrons, que atrai as nuvens de elétrons das ligações dos reagentes, enfraquecendo-as e criando um novo complexo ativado com energia mais baixa.

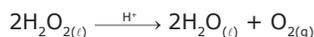


(a) A platina atrai as nuvens de elétrons, enfraquecendo as ligações. (b) Outras moléculas colidem com as moléculas que possuem ligações já enfraquecidas e reagem mais facilmente.

INIBIDORES

São espécies químicas que atuam aumentando a energia de ativação, fazendo com que a velocidade da reação seja menor. São contrários aos catalisadores e por isso são denominados catalisadores negativos.

Exemplo:



O íon H^+ é o inibidor da decomposição da água oxigenada.

OBSERVAÇÃO

- Existem algumas reações em que ocorre a autoinibição, ou seja, inibição causada pelos produtos finais da reação.

ATIVADORES OU PROMOTORES

São espécies químicas que atuam sobre os catalisadores, aumentando ainda mais a velocidade da reação. Os ativadores aumentam a eficiência do catalisador, porém, sem a presença do mesmo, essas substâncias não possuem nenhuma propriedade catalítica.

Exemplo:



Ferro é o catalisador, e os ativadores são Al_2O_3 e K_2O .

VENENOS

São espécies químicas que atuam sobre o catalisador e fazem com que a reação atinja uma velocidade menor do que se estivesse somente na presença do catalisador. Os venenos diminuem a eficiência do catalisador e, sem a presença dele, não possuem nenhuma propriedade catalítica.

Exemplo:

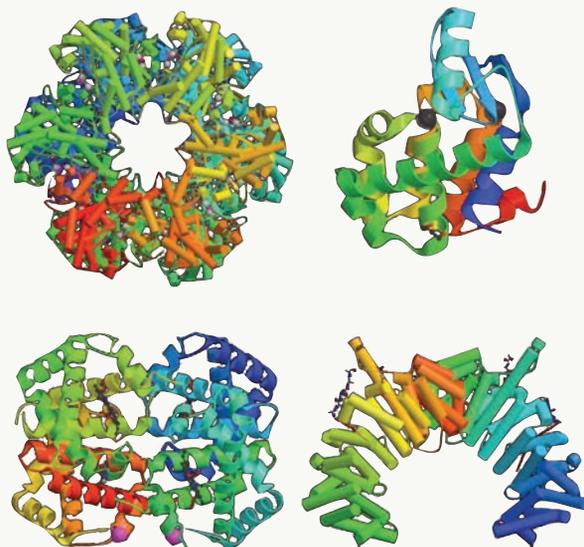


Ferro é o catalisador, e o arsênio é o veneno.

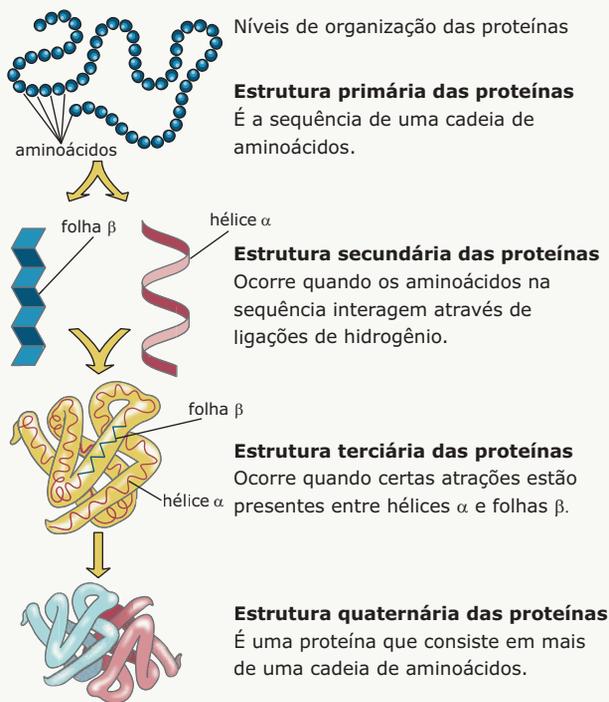
LEITURA COMPLEMENTAR

Enzimas

As moléculas com estruturas complexas genericamente denominadas enzimas são, na sua quase totalidade, proteínas que catalisam diversos processos bioquímicos.



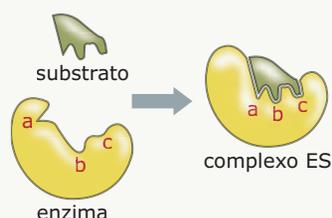
Estruturas tridimensionais de algumas enzimas



Tipos de estruturas das enzimas que são proteínas

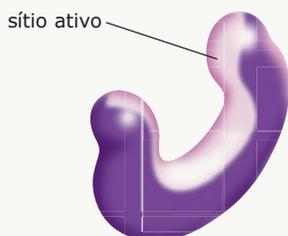
Mecanismo de catálise enzimática

O substrato, partícula reagente, se conecta à enzima em uma região específica que corresponde a uma cavidade denominada sítio ativo. Esse encaixe é semelhante ao sistema chave (substrato) e fechadura (enzima). Contudo, a "fechadura" enzimática não é estática. As enzimas se distorcem ligeiramente quando há a aproximação do substrato. Devido a essa distorção pela presença do substrato, o modelo de catálise enzimática é denominado mecanismo de chave e fechadura de ajuste induzido.

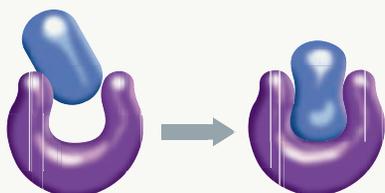


Quando o substrato é conectado à enzima, há a formação do complexo ES (enzima-substrato). O complexo ES é formado a partir de interações intermoleculares ou até mesmo de ligações covalentes.

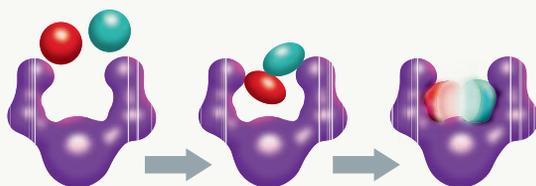
A diminuição da energia de ativação das reações ocorre pela retirada ou doação de densidade eletrônica ao substrato ou pela torção ou estiramento de suas ligações, quando conectado ao sítio ativo, aumentando sua instabilidade, sua reatividade e a velocidade da reação.



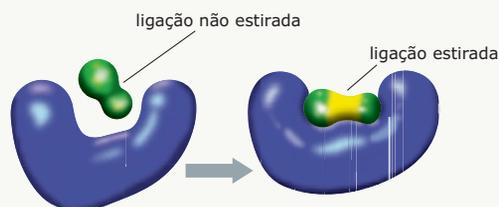
Região específica (sítio ativo) onde haverá a conexão do substrato.



Aproximação do substrato do sítio ativo, com posterior conexão e formação do complexo ES.



A enzima promove a aproximação dos substratos e os obrigam a formarem uma ligação química.



A enzima promove o estiramento de uma ligação, tornando-a menos intensa, diminuindo a energia necessária para promover a sua quebra.

Inibição enzimática

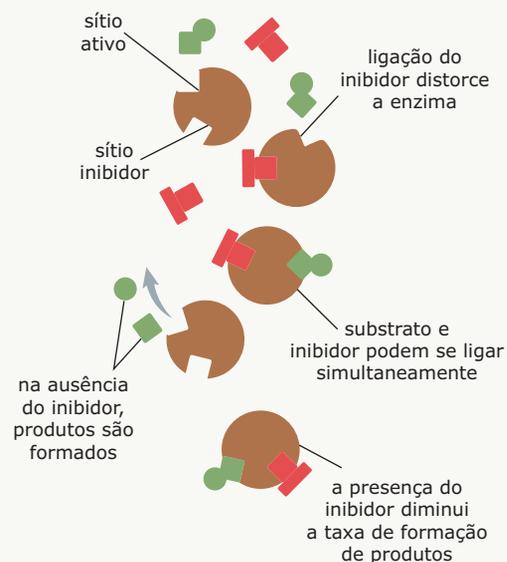
A atividade enzimática pode ser inibida quando

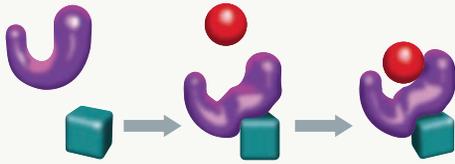
- uma espécie química, não reagente, forma um complexo com uma enzima mais estável do que o complexo ES, o que bloqueia a entrada do substrato. Esse tipo de inibição é denominado inibição competitiva;



Inibição competitiva

- uma espécie química se conecta a uma região da enzima que não corresponde ao sítio ativo, mas promove uma deformação de sua estrutura tridimensional, distorcendo o sítio ativo, e bloqueia a entrada do substrato. Esse tipo de inibição é denominado inibição alostérica.





Inibição alostérica

Fatores que influenciam a velocidade de uma reação enzimática

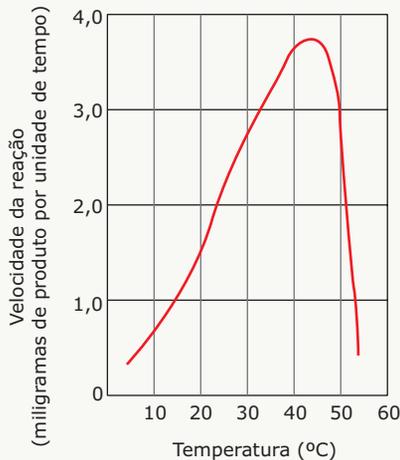
Três fatores influenciam a velocidade de uma reação enzimática: a temperatura, a concentração dos substratos e o pH do meio reacional.

Temperatura

A velocidade das reações químicas aumenta com a elevação da temperatura. Contudo, nas reações enzimáticas, a velocidade das reações tende a diminuir quando a temperatura ultrapassa 40 °C. Isso ocorre porque, em temperaturas elevadas, as estruturas secundária e terciária das enzimas sofrem alterações, afetando a sua configuração espacial e interferindo na interação da enzima com o substrato.

Em temperaturas superiores a 70 °C, as reações enzimáticas, geralmente, cessam, pois ocorre a desnaturação completa e irreversível da maioria das enzimas.

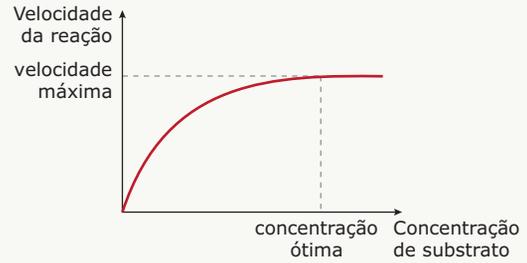
A temperatura na qual a atividade da enzima é máxima é denominada temperatura ótima. Nos animais homeotérmicos, capazes de manter a temperatura corporal constante, a temperatura ótima encontra-se, geralmente, no intervalo de 35 °C e 40 °C. Nos animais peilotérmicos, cuja temperatura corporal é variável, a temperatura ótima de atuação de suas enzimas é de, aproximadamente, 25 °C.



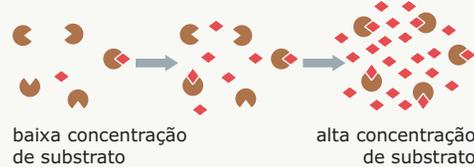
A temperatura ótima registrada no gráfico é de 42 °C.

Concentração do substrato

Quando a concentração das enzimas é constante, o aumento da concentração do substrato aumenta a velocidade da reação até que seja atingida a velocidade máxima.



A velocidade máxima é atingida quando as alterações na concentração do substrato não aumentarem a velocidade da reação química. Isso ocorre porque as enzimas, a partir do ponto de velocidade máxima, tornam-se reagentes limitantes de uma das etapas do processo de catálise enzimática.

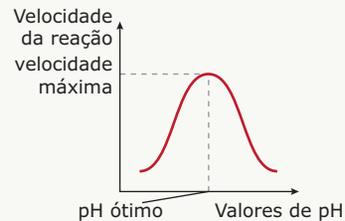


A concentração do substrato na qual a atividade da enzima e a velocidade da reação são máximas é denominada concentração ótima.

Potencial hidrogeniônico (pH)

As enzimas apresentam uma distribuição de cargas elétricas por sua cadeia e, em especial, no sítio catalítico, que é ideal para a catálise. Essa distribuição de carga é alterada em função do pH do meio reacional.

As enzimas têm um pH ótimo, no qual a sua estrutura tridimensional é tal que permite que elas catalisem com maior eficiência uma determinada reação química. No pH ótimo, a velocidade da reação é máxima.



Em meios reacionais com valores de pH abaixo (mais ácidos) ou acima (mais básicos) do pH ótimo, a atividade da enzima e a velocidade da reação por ela catalisada diminuem porque a sua forma tridimensional se altera.

O pH ótimo varia de uma enzima para outra.

Exemplos de enzimas humanas:

Enzima	pH ótimo
Pepsina	2,5
Tripsina	8,5
Ptialina	6,8
Arginase	9,8

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

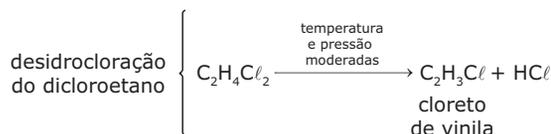
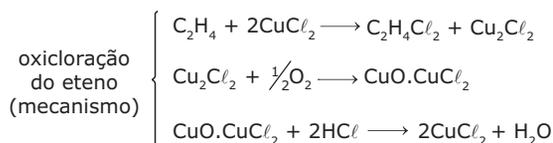
01. (ITA-SP) Entre as afirmações a seguir, todas relativas à ação de catalisadores, assinale a **ERRADA**.

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

02. (UFMG) Considerando-se o papel do catalisador numa reação reversível, é **CORRETO** afirmar que

- A) a velocidade da reação é independente da concentração do catalisador.
- B) o catalisador acelera apenas a reação direta.
- C) o catalisador desloca o equilíbrio no sentido de formar mais produtos, à mesma temperatura.
- D) o catalisador é consumido e regenerado durante a reação.

03. (PUC-Campinas-SP) Um processo para produzir cloreto de vinila (matéria-prima para a fabricação do plástico PVC) a partir do eteno, ocorre pelas seguintes etapas:



Nesse processo, uma espécie química funciona como catalisador. Ela é

- A) $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$.
- B) HCl .
- C) $\text{CuO} \cdot \text{CuCl}_2$.
- D) CuCl_2 .
- E) Cu_2Cl_2 .

04. (UEL-PR / Adaptado) Um especialista na área de química industrial afirmou que a cada ano se fabricam, com auxílio de catalisadores sintéticos, mais de um trilhão de dólares em mercadorias. Sem esses catalisadores, haveria falta de fertilizantes, de produtos farmacêuticos, de combustíveis e de solventes. Na realidade, em 90% de todos os bens manufaturados, os catalisadores são usados em alguma etapa de sua produção.

Sobre catalisadores, é **CORRETO** afirmar:

- A) O catalisador deve ter a mesma fase dos reagentes.
- B) A equação de velocidade de uma reação química independe da concentração do catalisador.
- C) A presença do catalisador altera as concentrações das substâncias em equilíbrio.
- D) Na catálise heterogênea, a adsorção do reagente na superfície do catalisador torna mais fácil a transformação dos reagentes em produtos.

05. (UFSM-RS) Numere a 2ª coluna de acordo com a 1ª.

1. Catalisador
2. Veneno
3. Promotor ou ativador
4. Catálise homogênea
5. Catálise heterogênea
6. Autocatálise

() Um dos produtos da reação age como catalisador da própria reação.

() Todos os participantes da reação constituem uma só fase.

() Há diminuição ou anulação do efeito catalisador.

() Há acentuação do efeito catalisador.

() Uma substância sólida catalisa a reação entre dois gases ou líquidos.

A sequência **CORRETA** é

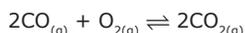
- A) 6 - 4 - 2 - 3 - 5.
- B) 6 - 5 - 3 - 1 - 2.
- C) 3 - 4 - 2 - 6 - 5.
- D) 4 - 2 - 3 - 1 - 6.
- E) 4 - 2 - 6 - 3 - 5.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFJF-MG) Muitas das reações químicas que ocorrem no nosso organismo, nas indústrias químicas e na atmosfera são afetadas por certos catalisadores. Por exemplo, no homem, as enzimas são os catalisadores das reações bioquímicas. A função destes nas reações químicas é

- A) diminuir a energia de ativação da reação.
- B) tornar espontânea uma reação não espontânea.
- C) deslocar o equilíbrio da reação.
- D) diminuir a entalpia total de uma reação.

02. (CEFET-MG) Os conversores catalíticos automotivos fazem os gases passarem por um dispositivo com catalisador. O mesmo acelera a oxidação de hidrocarbonetos, transformando o monóxido de carbono em dióxido de carbono e, portanto, diminuindo a poluição ambiental. O processo pode ser representado pela seguinte equação:



A respeito do catalisador utilizado na reação anterior, é **CORRETO** afirmar que ele

- A) resfria o sistema reagente.
- B) altera a constante de equilíbrio.
- C) diminui a energia de ativação do complexo ativado.
- D) é consumido na reação de oxidação dos hidrocarbonetos.

03. (VUNESP) Sobre catalisadores, são feitas as quatro afirmações seguintes:

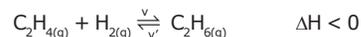
- I. São substâncias que aumentam a velocidade de uma reação.
- II. Reduzem a energia de ativação da reação.
- III. As reações nas quais atuam não ocorreriam nas suas ausências.
- IV. Enzimas são catalisadores biológicos.

Entre essas afirmações, estão **CORRETAS** apenas

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

04. (UFMG-2007) A reação do eteno, C_2H_4 , com hidrogênio, H_2 , produz etano, C_2H_6 .

Sabe-se que, no equilíbrio, a velocidade de formação dos produtos, v , e a velocidade inversa, de formação dos reagentes, v' , são iguais:



Foram realizados dois experimentos envolvendo essa reação, com apenas uma diferença: um, na presença de catalisador; o outro, na ausência deste.

Comparando-se esses dois experimentos, é **CORRETO** afirmar que, na reação catalisada, aumenta

- A) a concentração de etano, no equilíbrio.
- B) a quantidade de energia térmica produzida.
- C) a rapidez com que as velocidades v e v' se igualam.
- D) a velocidade v , enquanto a velocidade v' diminui.

05. (FUVEST-SP-2010) Um estudante desejava estudar, experimentalmente, o efeito da temperatura sobre a velocidade de uma transformação química. Essa transformação pode ser representada por:



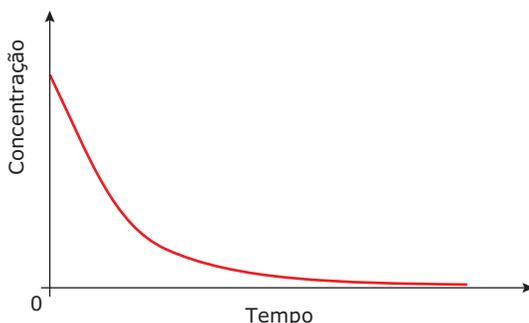
Após uma série de quatro experimentos, o estudante representou os dados obtidos em uma tabela:

	Número do experimento			
	1	2	3	4
Temperatura (°C)	15	20	30	10
Massa de catalisador (mg)	1	2	3	4
Concentração inicial de A (mol/L)	0,1	0,1	0,1	0,1
Concentração inicial de B (mol/L)	0,2	0,2	0,2	0,2
Tempo decorrido até que a transformação se completasse (em segundos)	47	15	4	18

Que modificação deveria ser feita no procedimento para obter resultados experimentais **MAIS** adequados ao objetivo proposto?

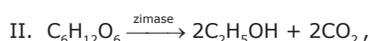
- A) Manter as amostras à mesma temperatura em todos os experimentos.
- B) Manter iguais os tempos necessários para completar as transformações.
- C) Usar a mesma massa de catalisador em todos os experimentos.
- D) Aumentar a concentração dos reagentes A e B.
- E) Diminuir a concentração do reagente B.

- 06.** (UFPE) Óxidos de nitrogênio, NO_x , são substâncias de interesse ambiental, pois são responsáveis pela destruição de ozônio na atmosfera e, portanto, suas reações são amplamente estudadas. Em um dado experimento, em recipiente fechado, a concentração de NO_2 em função do tempo apresentou o seguinte comportamento:



O papel do NO_2 nesse sistema reacional é

- A) reagente.
B) intermediário.
C) produto.
D) catalisador.
E) inerte.
- 07.** (PUC-Campinas-SP) Os métodos de obtenção da amônia e do etanol,



representam, respectivamente, reações de catálise

- A) heterogênea e enzimática.
B) heterogênea e autocatálise.
C) enzimática e homogênea.
D) homogênea e enzimática.
E) homogênea e autocatálise.
- 08.** (UNESP-2006) As velocidades das reações químicas podem ser aumentadas pelo aumento da temperatura; a altas temperaturas, mais moléculas possuem energia maior que a energia de ativação da reação. A velocidade de uma reação também pode ser acelerada pelo uso de um catalisador.
- A) O que são catalisadores homogêneos e catalisadores heterogêneos?
B) **EXPLIQUE** a ação de um catalisador em uma reação química.

- 09.** A alternativa **FALSA** é:

- A) Enzimas são catalisadores produzidos pelos seres vivos, que aceleram reações de interesse do metabolismo do próprio ser vivo.
B) Na descrição do mecanismo de uma reação química, a etapa lenta é a que possui menor energia de ativação.
C) Nas reações heterogêneas, quanto maior for a área de contato entre reagentes, maior será a rapidez da reação.
D) Um aumento da temperatura tende a aumentar a rapidez das reações químicas.
E) Um catalisador acelera a rapidez das reações porque diminui a energia de ativação.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2002) O milho verde recém-colhido tem um sabor adocicado. Já o milho verde comprado na feira, um ou dois dias depois de colhido, não é mais tão doce, pois cerca de 50% dos carboidratos responsáveis pelo sabor adocicado são convertidos em amido nas primeiras 24 horas.

Para preservar o sabor do milho verde, pode-se usar o seguinte procedimento em três etapas:

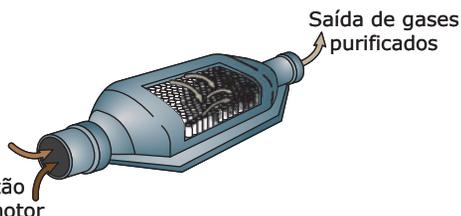
- 1º descascar e mergulhar as espigas em água fervente por alguns minutos;
- 2º resfriá-las em água corrente;
- 3º conservá-las na geladeira.

A preservação do sabor original do milho verde pelo procedimento descrito pode ser explicada pelo seguinte argumento:

- A) O choque térmico converte as proteínas do milho em amido até a saturação; este ocupa o lugar do amido que seria formado espontaneamente.
B) A água fervente e o resfriamento impermeabilizam a casca dos grãos de milho, impedindo a difusão de oxigênio e a oxidação da glicose.
C) As enzimas responsáveis pela conversão desses carboidratos em amido são desnaturadas pelo tratamento com água quente.
D) Micro-organismos que, ao retirarem nutrientes dos grãos, convertem esses carboidratos em amido, são destruídos pelo aquecimento.
E) O aquecimento desidrata os grãos de milho, alterando o meio de dissolução onde ocorreria espontaneamente a transformação desses carboidratos em amido.

- 02.** Os conversores catalíticos, instalados no cano de escapamento de veículos movidos a gasolina, contêm uma mistura de paládio ($Z = 46$) e ródio ($Z = 45$), sólidos que atuam como catalisadores na redução da emissão de poluentes para o meio ambiente.

Assim, considerando-se os princípios da cinética química e os conhecimentos sobre as propriedades dos elementos da mistura, é correto o que se afirma em:



Gases de exaustão provenientes do motor

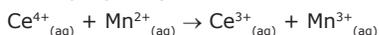
Saída de gases purificados

- A) Os catalisadores de paládio e de ródio contêm metais de transição mais densos que os metais alcalinoterrosos.
- B) A mistura de paládio e de ródio perde massa à medida que o veículo trafega nas estradas e nas cidades.
- C) A ação da mistura de paládio e de ródio é tanto menor quanto maior for seu espalhamento no conversor catalítico.
- D) Os conversores catalíticos transformam gases poluentes em não poluentes por meio de reações de catálise homogênea.
- E) Pode-se aumentar a eficiência de uma reação de catálise pela adição de um inibidor.
- 03.** Catalisador é toda e qualquer substância que acelera uma reação, diminuindo a energia de ativação e a energia do complexo ativado, sem ser consumido durante o processo. Um catalisador normalmente promove um caminho (mecanismo) molecular diferente para a reação. Por exemplo, hidrogênio e oxigênio gasosos são virtualmente inertes à temperatura ambiente, mas reagem rapidamente quando expostos à platina, que, por sua vez, é o catalisador da reação.

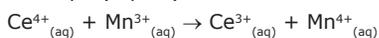
Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Catalisador>>. Acesso em: 10 ago. 2010.

A sequência a seguir mostra as etapas de uma reação em que há atuação de um catalisador:

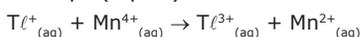
1ª etapa (lenta):



2ª etapa (rápida):



3ª etapa (rápida):



Considerando o processo global e as suas três etapas, pode-se dizer que a espécie que atua como catalisador é

- A) Ce^{4+} .
- B) Ce^{3+} .
- C) Mn^{2+} .
- D) Mn^{3+} .
- E) Tl^{+} .

GABARITO

Fixação

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

Propostos

01. A
02. C
03. D
04. C
05. C
06. A
07. A
08. A) O catalisador homogêneo constitui, juntamente com o(s) reagente(s), um sistema monofásico (homogêneo). O catalisador heterogêneo constitui uma fase diferente daquela(s) dos reagentes, de modo a constituir um sistema polifásico (heterogêneo).
B) O catalisador diminui a energia de ativação da reação. Desse modo, existirão mais moléculas com energia maior que a energia de ativação, o que ocasionará mais choques efetivos e, conseqüentemente, maior velocidade da reação química.
09. B

Seção Enem

01. C
02. A
03. C

DIFERENÇAS ENTRE SUBSTÂNCIAS MOLECULARES E SUBSTÂNCIAS COVALENTES

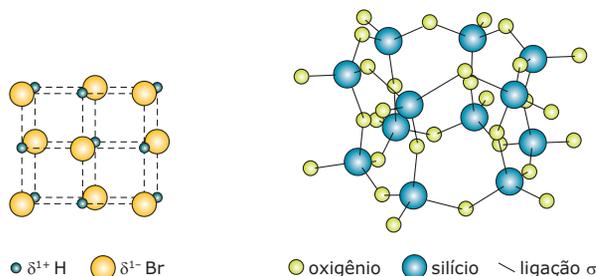
Tanto nas substâncias moleculares quanto nas covalentes, existem ligações covalentes. Por que, então, essas substâncias apresentam propriedades tão diferentes?

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

Propriedades físicas de substâncias moleculares e covalentes

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

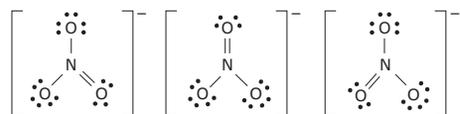
A seguir, estão representadas as estruturas cristalinas de duas substâncias, uma molecular e outra covalente.



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

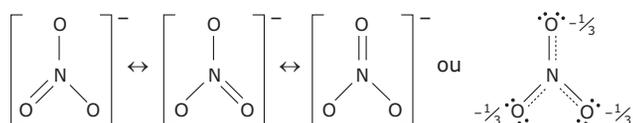
RESSONÂNCIA

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



Três possíveis representações de Lewis para o íon nitrato

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

Alotropia no oxigênio

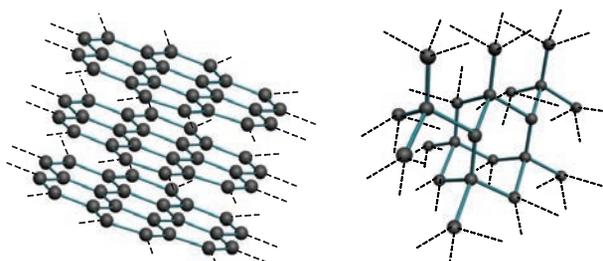
Existem duas variedades alotrópicas importantes do elemento oxigênio. No gás oxigênio, os átomos ligam-se em pares formando moléculas biatômicas (atomicidade 2) e, no ozônio, ocorrem moléculas triatômicas (atomicidade 3). Estas duas substâncias apresentam propriedades químicas e físicas bastante diferentes. O primeiro é essencial para a maioria dos seres vivos, enquanto 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.

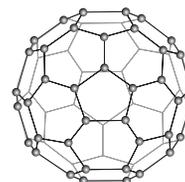
Já o fulereno, uma terceira variedade alotrópica importante desse elemento, é um sólido molecular em que o carbono forma moléculas contendo 60 átomos (atomicidade 60) ou mais. Os átomos formam um arranjo trigonal plano ligeiramente deformado com um sistema de anéis de cinco e seis membros.

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



grafita

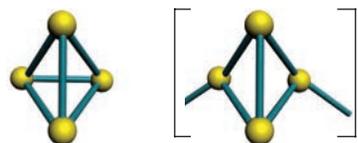
diamante



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.

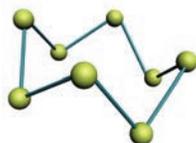


fósforo branco

fósforo vermelho

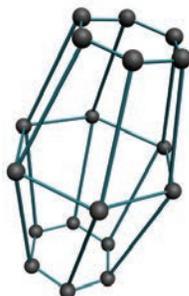
Alotropia no enxofre

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.

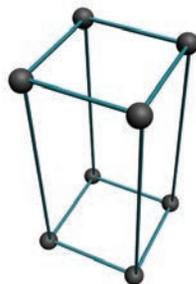


molécula de enxofre

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)

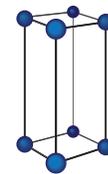
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01.** (PUC-MG) São elementos que apresentam formas alotrópicas
- A) hidrogênio e oxigênio. C) carbono e nitrogênio.
B) fósforo e enxofre. D) cálcio e silício.
- 02.** (PUC-Campinas) 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.

- 03.** (UFPEL-2007) 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 rômnico ou monoclinico, conforme figura a seguir:



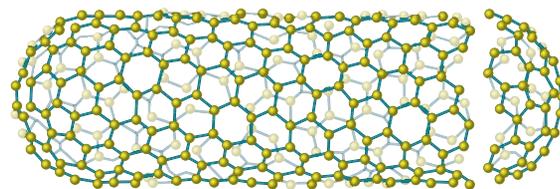
rômnico



monoclinico

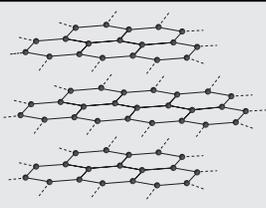
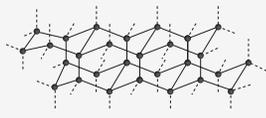
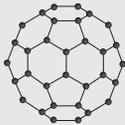
A respeito do enxofre rômnico e do enxofre monoclinico é **CORRETO** afirmar que eles se constituem em

- 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.
- 04.** (UFAM-2007) 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 a 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, 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 aliada à estrutura espacial única, e ao arranjo oco do nanotubo.

- 05.** (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:

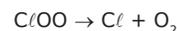
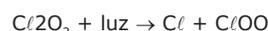
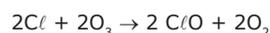
Alótropos	ΔH de combustão a 25 °C / (kJ/mol)	Estrutura
Grafita (C)	-393,5	
Diamante (C)	-395,4	
Fulereo (C ₆₀)	-25 968,0	

- A) **CALCULE** os calores liberados, em kJ, na combustão de 1 mol de átomos de carbono de grafita e de fulereo. 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 fulereo 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 fulereo. Considerando os ângulos de ligação nas estruturas de grafita e de fulereo, **EXPLIQUE** a origem dessa tensão nas ligações do fulereo.
- D) É possível escolher um solvente adequado e, nele, dissolver o fulereo 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.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UNESP) Os recém-descobertos fulerenos são formas alotrópicas do elemento químico carbono. Outras formas alotrópicas do carbono são
- isótopos de carbono-13.
 - calcáreo e mármore.
 - silício e germânico.
 - monóxido e dióxido de carbono.
 - diamante e grafite.

- 02.** (PUC-Campinas-SP) O uso em larga escala de desodorantes sob a forma de aerossóis contendo clorofluorcarbonos (CFCs) como propelentes foi um dos fatores que levou à formação de "buracos" na camada de ozônio. Um mecanismo proposto para essa "destruição" envolve átomos de cloro "livres" provenientes da interação dos CFCs com radiação ultravioleta e é o seguinte:



Analisando-se tal mecanismo, pode-se notar

- a presença de duas variedades alotrópicas do oxigênio.
- o envolvimento de radicais livres.
- que ele ocorre em cadeia.
- que a transformação química global é $2O_3 + luz \rightarrow 3O_2$

Estão **CORRETAS** as afirmações

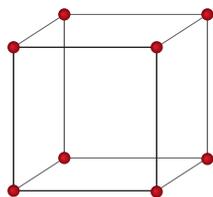
- I e II, somente.
- II e III, somente.
- I, II e III, somente.
- II, III e IV, somente.
- I, II, III e IV.

- 03.** (UDESC-2009) O carbono é um dos elementos de maior aplicação em nanotecnologia. Em diferentes estruturas moleculares e cristalinas, ele apresenta uma vasta gama de propriedades mecânicas e eletrônicas distintas, dependendo da sua forma alotrópica. Por exemplo, os nanotubos de carbono podem ser ótimos condutores de eletricidade, enquanto o diamante possui condutividade muito baixa. Essas diferenças estão relacionadas com a hibridização do átomo de carbono nos diferentes alótropos.

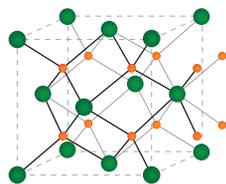
Com relação aos alótropos de carbono, é **INCORRETO** afirmar:

- Os nanotubos de carbono são formados por ligações entre carbonos sp^2 similares àquelas da grafite.
- O diamante, em que o carbono tem hibridização sp^3 , é o mineral mais duro que se conhece, o que o torna um excelente abrasivo para aplicações industriais.
- A grafite, que apresenta carbono com hibridização sp , não conduz eletricidade.
- O termo "carbono amorfo" é usado para designar formas de carbono, como a fuligem e o carvão, que não apresentam estrutura cristalina.
- A grafite, que apresenta carbono com hibridização sp^2 , pode conduzir eletricidade devido à deslocalização de elétrons de ligações (π) acima e abaixo dos planos de átomos de carbono.

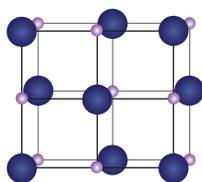
04. (Unimontes-MG-2008) Observe as estruturas de quatro substâncias no estado sólido:



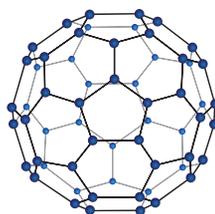
Manganês (Mn)



Fluoreto de cálcio (CaF_2)
Esferas maiores: Ca^{2+}
Esferas menores: F^-



Brometo de hidrogênio (HBr)
Esferas claras: H^+
Esferas escuras: Br^-



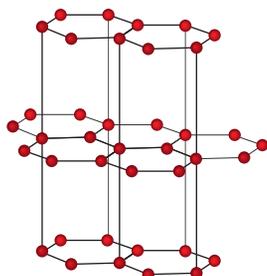
Fulereno (C_{60})

Os desenhos representam os modelos para as respectivas estruturas, sendo os átomos representados pelas esferas. Sobre as propriedades desses sólidos, pode-se afirmar que

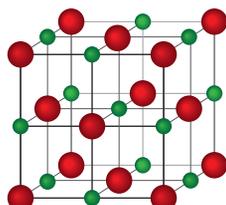
- os átomos de manganês se separam na fusão, desfazendo o cristal.
- o CaF_2 contém íons que se deslocam para conduzir corrente elétrica.
- os átomos da molécula de HBr permanecem unidos em água líquida.
- as moléculas na substância fulereno estão ligadas fortemente entre si.

05. (UFRN-2010) A representação da estrutura de substâncias usando-se modelos é um recurso importante para a Química, pois possibilita estudar as relações entre a estrutura e as propriedades, questão essencial para se pensar nas aplicações das substâncias.

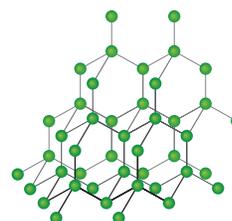
A seguir estão representadas quatro estruturas de substâncias.



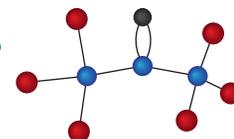
Estrutura I



Estrutura II



Estrutura III



Estrutura IV

Considerando-se essas estruturas, é **CORRETO** afirmar:

- I representa a estrutura cristalina do diamante.
- II representa a estrutura cristalina do cloreto de sódio.
- III representa a estrutura molecular da grafita.
- IV representa a estrutura molecular do etano.

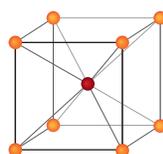
06. (UDESC-2009) Um químico encontrou duas substâncias sólidas desconhecidas, **A** e **B**, e fez as seguintes observações:

- A substância **A** é solúvel em água e insolúvel em hexano, enquanto a substância **B** é insolúvel em água e em hexano.
- A substância **A** não conduz corrente elétrica no estado sólido, mas apresenta alta condutividade elétrica quando em solução aquosa ou no estado fundido, enquanto a substância **B** não conduz eletricidade e não se funde quando aquecida até 1 000 °C.
- A substância **B** apresenta elevada dureza.

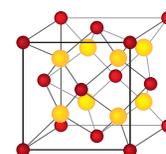
Considerando-se essas características, pode-se dizer que as substâncias A e B são, respectivamente, um(a)

- sólido iônico e um sólido covalente.
- substância molecular polar e uma substância molecular apolar.
- sólido iônico e uma substância molecular apolar.
- sólido iônico e um metal.
- substância molecular polar e um sólido covalente.

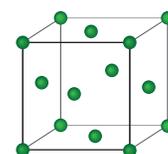
07. (FGV-SP-2008) Na tabela são fornecidas as células unitárias de três sólidos, I, II e III.



I



II



III

A temperatura de fusão do sólido III é 1 772 °C e a do sólido II é bem superior ao do sólido I.

Quando dissolvido em água, o sólido I apresenta condutividade. Pode-se concluir que os sólidos I, II e III são, respectivamente, sólidos

- covalente, iônico e metálico.
- iônico, covalente e metálico.
- iônico, molecular e metálico.
- molecular, covalente e iônico.
- molecular, iônico e covalente.

- 08.** (UFOP-MG-2007) Carbono e silício são elementos pertencentes ao grupo 14 da tabela periódica, e formam os óxidos CO_2 e SiO_2 , respectivamente. O dióxido de carbono é um gás à temperatura ambiente e pressão atmosférica normal, enquanto o SiO_2 é um sólido que se funde a cerca de 1 700 °C. Por que há uma diferença tão grande nas propriedades físicas desses dois óxidos?
- Porque o CO_2 é um composto molecular e o SiO_2 é um composto iônico.
 - Porque a ligação carbono-oxigênio no CO_2 é muito mais fraca que a ligação silício-oxigênio no SiO_2 .
 - Porque a ligação carbono-oxigênio no CO_2 é muito menos polar que a ligação silício-oxigênio no SiO_2 .
 - Porque o CO_2 é um composto molecular e o SiO_2 é uma rede covalente sólida

- 09.** (UNIFESP-2006) A tabela apresenta algumas propriedades medidas, sob condições experimentais adequadas, dos compostos X, Y e Z.

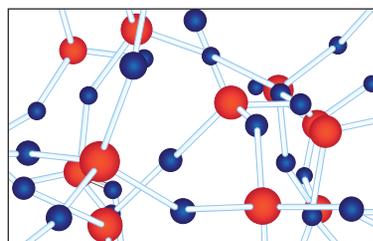
Composto	Dureza	Ponto de fusão	Condutividade elétrica	
			Fase sólida	Fase líquida
X	Macio	115 °C	Não conduz	Não conduz
Y	Muito duro	1 600 °C	Não conduz	Não conduz
Z	Duro	800 °C	Não conduz	Conduz

A partir desses resultados, pode-se classificar os compostos X, Y e Z, respectivamente, como sólidos

- molecular, covalente e metálico.
 - molecular, covalente e iônico.
 - covalente, molecular e iônico.
 - covalente, metálico e iônico.
 - iônico, covalente e molecular.
- 10.** (ITA-SP-1987) Associe a cada substância relacionada à esquerda, as opções relacionadas à direita que **MELHOR** descrevem o estado de agregação em que ela é usualmente encontrada nas condições ambiente.
- | | |
|-----------------------------|----------------------|
| I. Amônia | a) Cristal covalente |
| II. Iodo | b) Cristal iônico |
| III. Óxido de cálcio | c) Cristal molecular |
| IV. Polietileno | d) Estado vítreo |
| V. Silício | e) Gás |
| VI. Tetracloreto de carbono | f) Líquido |
- I II III IV V VI
- b f a c d e
 - e d c a b f
 - f c b d a e
 - e c b d a f
 - f a d c b e

- 11.** (ITA-SP-1989) Entre as afirmações a seguir, assinale a que **NÃO** se aplica ao grafite.
- Nota-se forte anisotropia na condutividade elétrica.
 - Nas condições ambiente, é mais estável do que o diamante.
 - É um polímero bidimensional com ligações de Van der Waals entre planos paralelos próximos.
 - Grafite de lápis é uma mistura de grafite em pó e aglomerantes.
 - É uma substância em que existem ligações híbridas tipo sp.

- 12.** (FUVEST-SP-2011) A figura a seguir traz um modelo da estrutura microscópica de determinada substância no estado sólido, estendendo-se pelas três dimensões do espaço. Nesse modelo, cada esfera representa um átomo e cada bastão, uma ligação química entre dois átomos.



A substância representada por esse modelo tridimensional pode ser

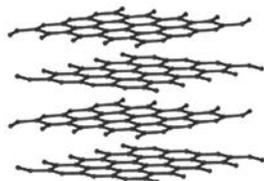
- silica, $(\text{SiO}_2)_n$.
 - diamante, C.
 - cloreto de sódio, NaCl .
 - zinco metálico, Zn.
 - celulose, $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$.
- 13.** (UFMG-2006) O tipo de vidro mais comum é o que resulta da fusão de uma mistura de areia ou sílica, SiO_2 , carbonato de sódio, Na_2CO_3 , e carbonato de cálcio, CaCO_3 . No forno de fusão, esses carbonatos convertem-se em óxidos, que, em seguida, transformam o óxido de silício em ânions silicato. Pode-se, portanto, considerar esse tipo de vidro como um silicato de sódio e cálcio.
- O ânion silicato mais simples tem a fórmula SiO_4^{4-} . **REPRESENTE**, com um desenho, a fórmula estrutural de Lewis desse íon.
 - O óxido de silício, SiO_2 , é a principal matéria-prima do vidro. Considerando o modelo de ligação química apropriado para o óxido de silício, **INDIQUE** se esse sólido é bom ou mau condutor de eletricidade. **JUSTIFIQUE** sua indicação.
 - O material obtido pela fusão de uma mistura de óxido de silício e carbonato de sódio já é um vidro. No entanto, esse vidro é solúvel em água. A introdução do carbonato de cálcio promove a formação de um novo vidro mais estável, insolúvel em água. Tendo em vista que o modelo de ligação iônica é útil para descrever tanto o silicato de sódio quanto o de cálcio, **EXPLIQUE**, em termos desse modelo, por que os cátions de cálcio estabilizam melhor a rede tridimensional de íons silicato. Considere que os raios iônicos dos íons de sódio e de cálcio são iguais.

SEÇÃO ENEM

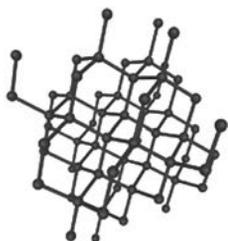
01. Observe os esquemas que representam as formas alotrópicas do carbono:

Alótropos famosos

Os esquemas a seguir indicam algumas das formas que os átomos de carbono podem assumir.

**Grafita**

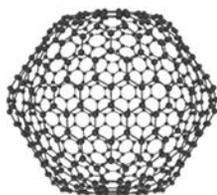
Ao contrário do diamante, possui condutividade elétrica, distinta conforme a orientação da medida. Essa característica a torna ideal para a função de eletrodo.

**Diamante**

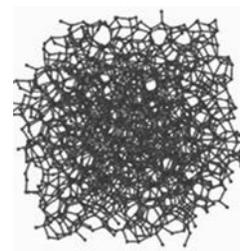
Cada átomo possui quatro carbonos vizinhos fortemente ligados. Aquecido a 1 000 graus Celsius em atmosfera inerte, transforma-se na grafita.

**Fulereno C₆₀**

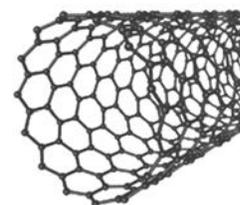
É a menor molécula dos fulerenos e a de maior ocorrência natural. Está presente com frequência na ferrugem (cor mostarda). Possui superfície icosaédrica de faces pentagonais e hexagonais.

**Fulereno C₅₄₀**

Exibe faces hexagonais e forma quase elipsoidal. A quantidade de carbono nos fulerenos determina a cor. Este é marrom-avermelhado.

**Carbono amorfo**

Como os demais materiais vítreos, esta forma alotrópica não apresenta padrões de posições atômicas e, portanto, não possui estrutura cristalina.

**Nanotubo**

Por sua alta resistência mecânica, já foi introduzido na alimentação de bichos-da-seda para a fabricação de tecidos mais resistentes do que o aço.

Disponível em: <http://www.veja.abril.com.br/saladeaula/120907/p_02.html>. Acesso em: 23 jun. 2010 (Adaptação).

Efetivamente, o carbono é um elemento especial. Os diferentes arranjos dos átomos de carbono produzem formas muito interessantes e características especiais: a beleza do diamante, a energia do carvão, a condução elétrica do grafite e a resistência dos nanotubos.

Dados: Número atômico do carbono = 6

As representações das estruturas microscópicas dos alótropos do carbono revelam que

- no diamante, cada átomo de carbono liga-se a quatro outros átomos de carbono, ficando no centro de um tetraedro regular. Essa disposição dos átomos confere ao diamante baixa dureza.
- no grafite, cada átomo de carbono liga-se a três outros átomos de carbono, ficando no centro de um tetraedro regular. Devido a esse arranjo, o grafite é condutor de eletricidade.
- as unidades estruturais do grafite e dos fulerenos são moléculas.
- os nanotubos podem ser produzidos a partir do grafite por descargas elétricas que separam as lâminas de átomos do carbono denominadas grafenos.
- a organização dos átomos de carbono do fulereno C₆₀ em anéis pentagonais e hexagonais conferem a essa estrutura maior estabilidade do que a organização de átomos de carbono em anéis hexagonais no grafite.

QUÍMICA

Geometria molecular e polaridade de moléculas

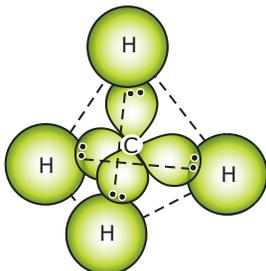
MÓDULO
10

FRENTE
C

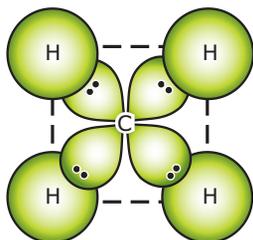
GEOMETRIA MOLECULAR

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 afastados 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.

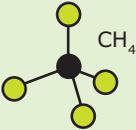
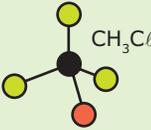
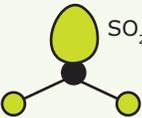
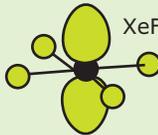
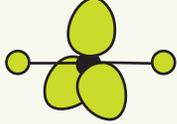
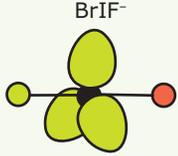
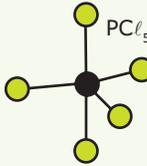
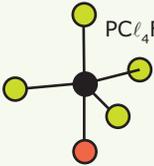
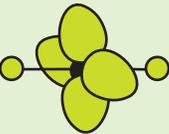
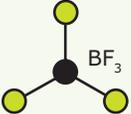
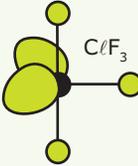
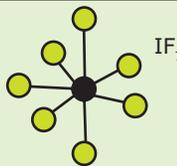


A estrutura hipotética de um quadrado plano para o metano. Quando comparar essa estrutura com a da figura anterior, lembre-se de que todos os átomos na estrutura do quadrado estão num mesmo plano (do papel), enquanto na estrutura tetraédrica os átomos estão em três dimensões.

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

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

Exemplos de geometrias de alguns tipos de moléculas

Linear	AX_2		Tetraédrica	AX_4	 
Angular	AX_2E		Gângora	AX_4E	
Angular	AX_2E_2		Quadrado planar	AX_4E_2	
Linear	AX_2E_3	 	Bipirâmide trigonal	AX_5	 
Linear	AX_2E_4	 exemplo desconhecido	Pirâmide quadrada	AX_5E	
Trigonal	AX_3	 	Octaédrica	AX_6	
Piramidal	AX_3E		Geometria T	AX_3E_2	
			Bipirâmide pentagonal	AX_7	

E = Par eletrônico não ligante

X = Grupo ou átomo ligante

A = Átomo central

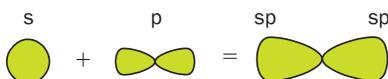
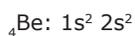
HIBRIDIZAÇÃO

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.

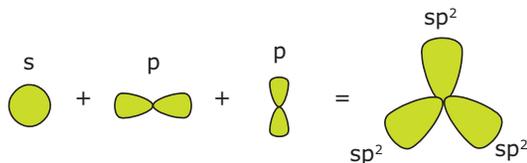
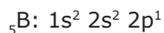
Características do processo de hibridização

- 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 através da sobreposição espacial (coalescência) de orbitais híbridos, ou entre orbitais híbridos e orbitais puros.

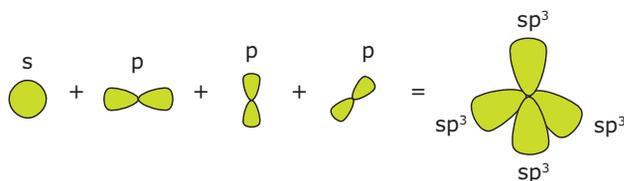
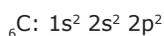
Hibridização sp: Caso do berílio



Hibridização sp²: Caso do boro

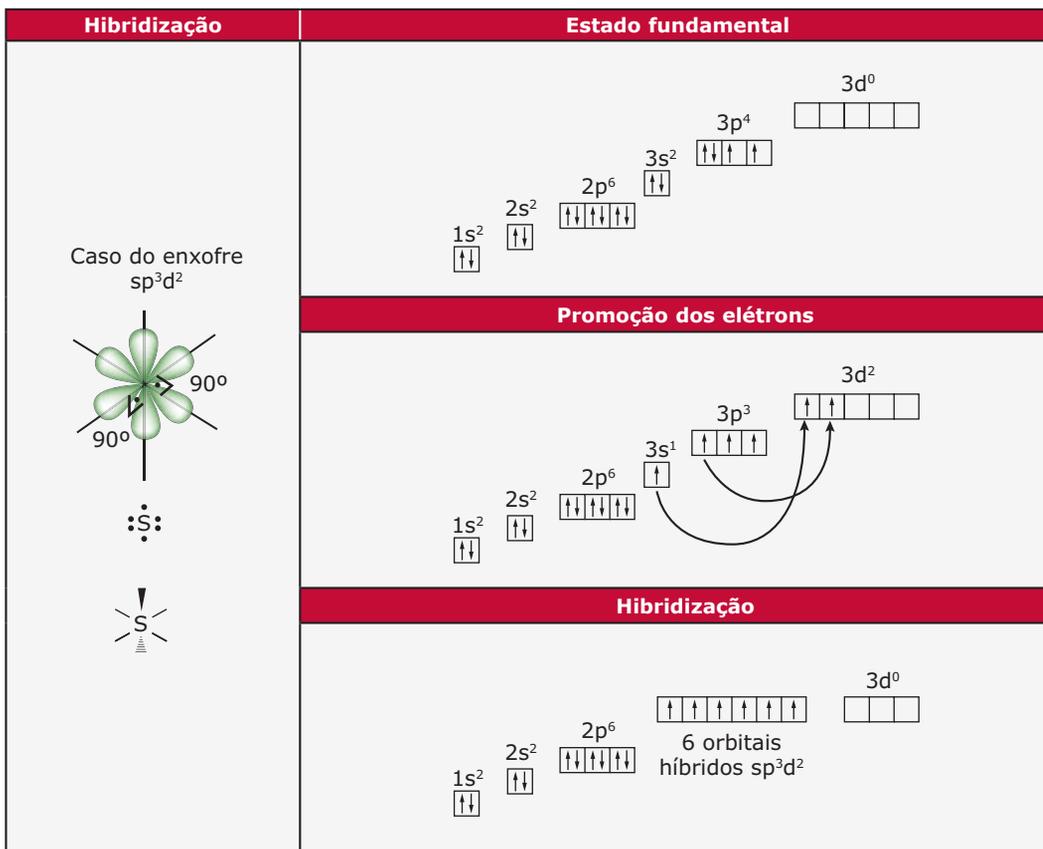
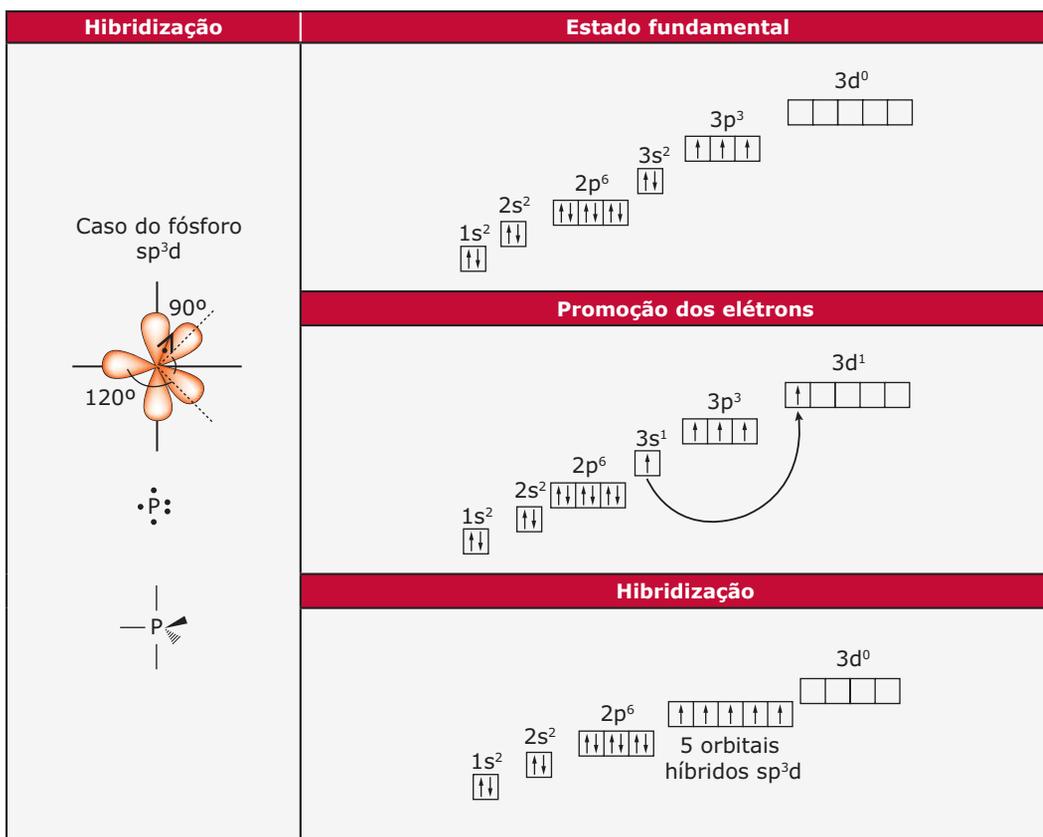


Hibridização sp³: Caso do carbono



Esquemáticamente, temos:

Hibridização	Estado fundamental	Promoção do elétron	Hibridização
<p>Caso do berílio sp 180°</p> <p>Linear •Be• —Be—</p>	<p>1s² 2s² 2p⁰</p>	<p>1s² 2s¹ 2p¹</p>	<p>1s² sp sp 2p</p>
<p>Caso do boro sp² 120°</p> <p>Plana •B• B•</p>	<p>1s² 2s² 2p¹</p>	<p>1s² 2s¹ 2p²</p>	<p>1s² sp² sp² 2p</p>
<p>Caso do carbono sp³ 109,5°</p> <p>Tetraédrica •C• C•</p>	<p>1s² 2s² 2p²</p>	<p>1s² 2s¹ 2p³</p>	<p>1s² sp³ sp³ sp³ sp³</p>

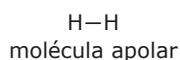
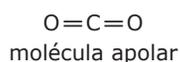
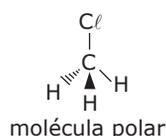
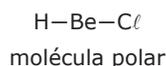


Número de orbitais atômicos combinados	Arranjo eletrônico	Tipo de hibridização	Número de orbitais híbridos ao redor do átomo central
2	Linear	sp	2
3	Trigonal plana	sp ²	3
4	Tetraédrica	sp ³	4
5	Bipirâmide trigonal	sp ³ d	5
6	Octaédrica	sp ³ d ²	6

POLARIDADE DAS MOLÉCULAS

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

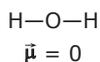
Exemplos:



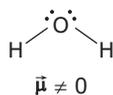
Como o $\vec{\mu}$ (momento dipolar resultante) é obtido por uma soma vetorial, é importante levar em consideração a geometria da molécula para não incorrer em erro.

Exemplo: H₂O

Geometria incorreta \Rightarrow molécula apolar

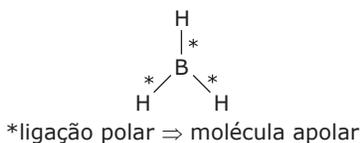


Geometria correta \Rightarrow molécula polar



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

Exemplo:

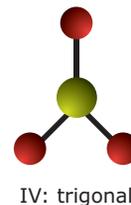
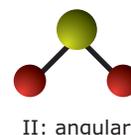
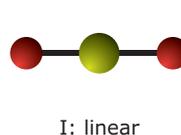


O quadro a seguir apresenta, para as geometrias mais comuns, as possibilidades de polaridade das moléculas.

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 FIXAÇÃO

01. (UNIFESP–2009) Na figura, são apresentados os desenhos de algumas geometrias moleculares.

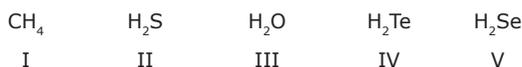


SO₃, H₂S e BeCl₂ apresentam, respectivamente, as geometrias moleculares

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

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



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

- A) $\text{I} > \text{II} > \text{III} > \text{IV} > \text{V}$.
 B) $\text{I} > \text{III} > \text{II} > \text{V} > \text{IV}$.
 C) $\text{IV} > \text{V} > \text{III} > \text{II} > \text{I}$.
 D) $\text{IV} > \text{V} > \text{II} > \text{III} > \text{I}$.
 E) $\text{III} > \text{II} > \text{IV} > \text{V} > \text{I}$.
- 04.** (OBQ) Considere um composto de fórmula AB_2 , no qual as ligações A—B são covalentes. Nesse composto, a hibridação de A poderá ser
- A) somente sp.
 B) somente sp^2 .
 C) somente sp ou sp^2 .
 D) somente sp ou sp^3 .
 E) sp, sp^2 ou sp^3 .
- 05.** (IME-RJ-2007) 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.

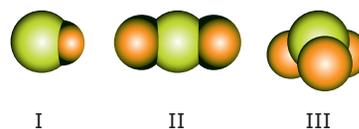
Correlação	Nome da substância	Geometria da molécula	Polaridade
I	Ozônio	Angular	Polar
II	Trifluoreto de boro	Trigonal planar	Apolar
III	Dióxido de nitrogênio	Linear	Apolar
IV	Amônia	Pirâmide trigonal	Polar
V	Pentacloreto de fósforo	Bipirâmide trigonal	Apolar

Assinale a correlação **FALSA**.

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

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (FUVEST-SP-2006) Os desenhos a seguir são representações de moléculas em que se procura manter proporções corretas entre raios atômicos e distâncias internucleares.



Os desenhos podem representar, respectivamente, moléculas de

- A) oxigênio, água e metano.
 B) cloreto de hidrogênio, amônia e água.
 C) monóxido de carbono, dióxido de carbono e ozônio.
 D) cloreto de hidrogênio, dióxido de carbono e amônia.
 E) monóxido de carbono, oxigênio e ozônio.
- 02.** (UFTM-MG-2008) O Protocolo de Montreal completou 20 anos, e os progressos alcançados já podem ser notados. Segundo um *ranking* compilado pelas Nações Unidas, o Brasil é o quinto país que mais reduziu o consumo de CFCs (clorofluorcarbonos), substâncias que destroem a camada de ozônio (O_3). O acordo para redução desses poluentes foi assinado em 1987 por 191 países, que se comprometeram a reduzir o uso do CFC em extintores de incêndios, aerossóis, refrigeradores de geladeiras e ar condicionado. Os CFCs podem ser compostos constituídos de um ou mais átomos de carbono ligados a átomos de cloro e / ou flúor.

A molécula de ozônio apresenta geometria molecular

- A) angular.
- B) linear.
- C) piramidal.
- D) tetraédrica.
- E) trigonal plana.

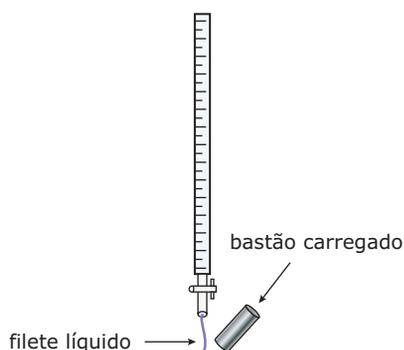
- 03.** (FCMMG–2009) Utilizando o modelo de repulsão de pares de elétrons, um estudante preparou a tabela a seguir, que relaciona algumas espécies químicas e suas respectivas geometrias:

Espécie química	Geometria
H ₃ O ⁺	Piramidal trigonal
CO ₂	Linear
SO ₄ ²⁻	Tetraédrica

O número de erros cometidos pelo estudante é

- A) 0.
- B) 1.
- C) 2.
- D) 3.

- 04.** (UFG–2009) Observe o seguinte esquema de um experimento no qual utilizam-se princípios do eletromagnetismo para observar a polaridade de moléculas.



Experimento	Carga do bastão	Líquido
1	+	C ₆ H ₁₄
2	+	CCl ₄
3	+	CHCl ₃
4	-	CHCl ₃
5	-	CCl ₄

De acordo com o exposto, ocorrerá a atração do filete líquido pelo bastão em quais experimentos?

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

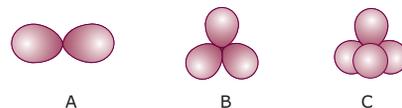
- 05.** (PUCPR–2006) Observe as moléculas a seguir:



Sua geometria molecular e polaridade são, respectivamente,

- A) tetraédrica / polar; tetraédrica / polar; trigonal plana / polar.
- B) piramidal / polar; tetraédrica / polar; trigonal plana / apolar.
- C) trigonal plana / apolar; angular / polar; tetraédrica / apolar.
- D) linear / polar; trigonal plana / polar; angular / polar.
- E) piramidal / apolar; piramidal / apolar; linear / apolar.

- 06.** (UEG–2007) As bexigas de forma ovoide, apresentadas na figura a seguir, representam nuvens eletrônicas associadas a ligações simples, duplas ou triplas entre átomos. Levando-se em consideração os compostos BeH₂, H₂O, BF₃, CH₄, NaCl e BaSO₄, **RESPONDA** aos itens a seguir.



- A) **ASSOCIE**, quando possível, os compostos às figuras representadas pelas bexigas.
- B) Entre as espécies CH₄ e H₂O, qual apresenta menor ângulo de ligação? **EXPLIQUE** sua resposta.

- 07.** (Unioeste-PR–2007) Para a constituição de seres vivos, é necessária a formação de moléculas e de ligações químicas, formadas entre os orbitais atômicos e / ou os orbitais híbridos. Associado aos orbitais descritos nesta questão, é **CORRETO** afirmar:

- A) A hibridização não altera a forma dos orbitais.
- B) Cada orbital p comporta, no máximo, 2 elétrons.
- C) Todos os orbitais s possuem mesmo tamanho e formato.
- D) A hibridização de orbitais só ocorre no átomo de carbono.
- E) Os orbitais sp³ formam moléculas planas.

08. (OBQ) Quais geometrias são possíveis para uma molécula do tipo AB_n , cujo átomo central apresenta hibridação do tipo sp^3 ?

- A) Tetraédrica, piramidal ou em forma de "V" (angular).
- B) Tetraédrica, piramidal ou triangular plana.
- C) Tetraédrica ou triangular plana.
- D) Tetraédrica ou piramidal.
- E) Somente tetraédrica.

09. (ITA-SP-2006) Considere as seguintes espécies no estado gasoso: BF_3 , SnF_3^- , BrF_3 , KrF_4 e BrF_5 . Para cada uma delas, qual é a hibridação do átomo central e qual o nome da geometria molecular?

10. (PUC Minas) Relacione a primeira coluna (fórmulas) com a segunda (conceitos).

- | | |
|-----------|--|
| 1. N_2 | () Ligação covalente polar e molécula polar |
| 2. PH_3 | () Ligação covalente apolar e molécula apolar |
| 3. H_2O | () Ligação covalente polar e molécula apolar |
| 4. CO_2 | () Ligações intermoleculares de hidrogênio |
| 5. NaH | () Ligação iônica |

Assinale a associação encontrada.

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

11. (UFV-MG) A combinação de enxofre (${}_{16}S$) com oxigênio (${}_{8}O$) pode dar-se de várias maneiras. Qual a proporção mínima entre esses átomos para que se obtenha uma molécula apolar?

- A) Um átomo de enxofre e um átomo de oxigênio.
- B) Um átomo de enxofre e dois átomos de oxigênio.
- C) Dois átomos de enxofre e três átomos de oxigênio.
- D) Dois átomos de enxofre e um átomo de oxigênio.
- E) Um átomo de enxofre e três átomos de oxigênio.

12. (UFRRJ) Relacione a coluna da esquerda com a da direita.

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. Dióxido de carbono | a. Molécula polar linear |
| 2. Iodeto de hidrogênio | b. Molécula polar angular |
| 3. Água | c. Molécula apolar tetraédrica |
| 4. Metano | d. Molécula apolar linear |

A associação **CORRETA** é

- A) 1-a; 3-b; 4-c; 2-c.
- B) 1-d; 3-b; 4-c; 2-a.
- C) 2-a; 3-b; 4-d; 1-d.
- D) 1-d; 3-a; 4-c; 2-b.
- E) 2-d; 3-a; 4-c; 1-a.

13. (UFC) Fugir da poluição das grandes cidades, buscando ar puro em cidades serranas consideradas oásis em meio à fumaça, pode não ter o efeito desejado. Resultados recentes obtidos por pesquisadores brasileiros mostraram que, em consequência do movimento das massas de ar, dióxido de enxofre (SO_2) e dióxido de nitrogênio (NO_2) são deslocados para regiões distantes e de maior altitude. Curiosamente, esses poluentes possuem propriedades similares, que se relacionam com a geometria molecular. Assinale a alternativa que descreve **CORRETAMENTE** essas propriedades.

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| A) Trigonal plana; polar; sp^3 | D) Angular; polar; sp^2 |
| B) Tetraédrica; apolar; sp^3 | E) Linear; apolar; sp |
| C) Angular; apolar; sp^2 | |

14. (OBQ-2006) A geometria molecular de uma espécie química pode ser prevista a partir do modelo de repulsão de dois pares de elétrons na camada de valência.

A) **ASSOCIE** cada espécie química à respectiva geometria.

- | | |
|---------------|-------------------------------|
| I. SO_2 | () Linear |
| II. CO_2 | () Angular |
| III. SO_3 | () Tetraédrica |
| IV. NH_3 | () Trigonal planar |
| V. CH_4 | () Quadrado planar |
| VI. XeF_4 | () Pirâmide trigonal |
| VII. IF_5 | () Bipirâmide trigonal |
| VIII. PCl_5 | () Pirâmide de base quadrada |

B) **DISTRIBUA** as espécies anteriores em 2 grupos:

- Grupo A - moléculas apolares
- Grupo B - moléculas polares

- 15.** (ITA-SP) Existem três estruturas possíveis para a molécula de $\text{PF}_3(\text{CH}_3)_2$, em que o átomo de fósforo é o átomo central. **DESENHE** as três estruturas e **EXPLIQUE** como valores de momento de dipolo obtidos experimentalmente podem ser utilizados para distingui-las.

SEÇÃO ENEM

- 01.** Certos alimentos, como ervilhas, vagens, feijão, repolho e batata doce, contêm uma quantidade expressiva de açúcares complexos, que são formados pela ligação entre dois ou mais sacarídeos. Os açúcares presentes nesses alimentos requerem uma enzima específica para serem hidrolisados. Entretanto, o trato intestinal não possui essa enzima, o que resulta em uma digestão incompleta desses açúcares. Essas moléculas, não hidrolisadas, são fermentadas anaerobicamente por alguns micro-organismos presentes no intestino grosso, e o processo libera gases como CO_2 , H_2 , CH_4 e traços de H_2S .

J.R. Hardee *et al.* Chemistry and Flatulence: an introductory enzyme experiment. *Journal of Chemical Education*, 77 (2000), 498 (Adaptação).

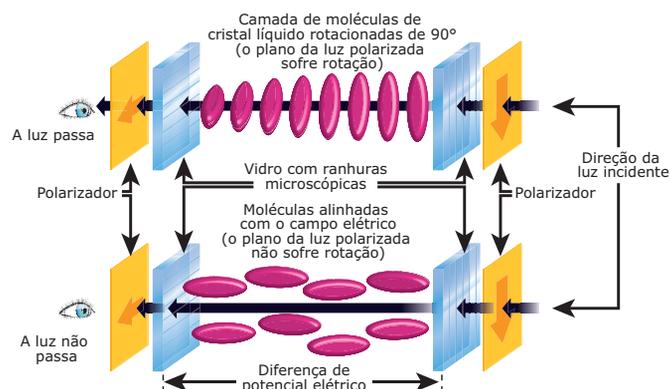


Disponível em: <<http://www.chargeonline.com.br>>. Acesso em: 10 out. 2001.

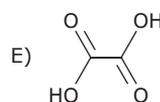
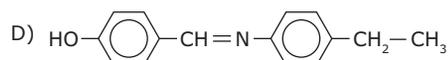
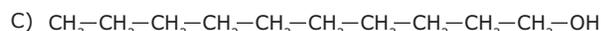
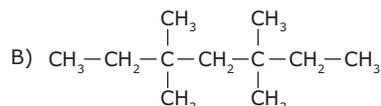
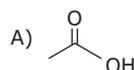
Entre os gases liberados por Bin, o(s) que apresenta(m) moléculas apolares com geometria tetraédrica e com ligações polares é (são)

- A) CO_2 .
 B) H_2 .
 C) H_2S e CH_4 .
 D) CO_2 e CH_4 .
 E) CH_4 .

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



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



GABARITO

Fixação

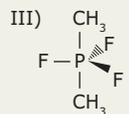
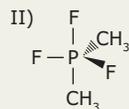
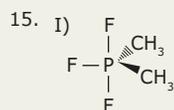
01. E
02. C
03. B
04. E
05. C

Propostos

01. D
02. A
03. A
04. C
05. B
06. A) $\text{BeH}_2 \Rightarrow$ figura A
 $\text{BF}_3 \Rightarrow$ figura B
 $\text{CH}_4 \Rightarrow$ figura C
 B) H_2O . Na molécula de H_2O , temos 4 pares de elétrons estereotativos, sendo dois pares ligantes e dois não ligantes. A repulsão entre os pares de elétrons não ligantes é maior que a repulsão entre os pares ligantes. Logo, o ângulo entre os átomos diminui. No caso, para CH_4 , o ângulo é de $109^\circ 28'$ e, para H_2O , é de $104,5^\circ$.
07. B
08. A

09. BF_3 : sp^2 – trigonal plana
 SnF_3^- : sp^3 – piramidal
 BrF_3 : sp^3d – forma T
 KrF_4 : sp^3d^2 – quadrado planar
 BrF_5 : sp^3d^2 – piramidal de base quadrada

10. B
11. E
12. B
13. D
14. A) II, I, V, III, VI, IV, VIII, VII
 B) Grupo A: II, III, V, VI e VIII
 Grupo B: I, IV e VII



A estrutura III é apolar e apresenta momento dipolar igual a zero. O momento dipolar das estruturas I e II são maiores do que zero; contudo, o momento dipolar da estrutura I é maior do que o da estrutura II.

Seção Enem

01. E
02. D

QUÍMICA

Ligações metálicas

MÓDULO
11

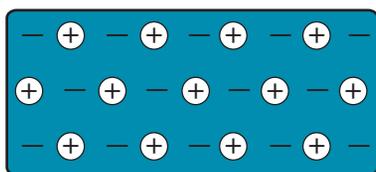
FRENTE
C

Os metais têm importante papel no desenvolvimento da civilização. As sociedades modernas contam com uma grande variedade de metais para a fabricação de ferramentas, máquinas e outros itens. Os químicos e outros cientistas têm encontrado utilização até para metais menos abundantes, à medida que buscam materiais para atender às necessidades tecnológicas.

Um modelo de ligação metálica deve explicar a ligação entre um grande número de átomos idênticos em um metal puro e também a ligação entre átomos diferentes, como no caso de certas ligas metálicas. A teoria não pode se basear em ligações direcionais, pois muitas propriedades metálicas se conservam após a fusão. Além disso, a teoria deve explicar a grande condutividade elétrica dos metais.

MODELO MAR DE ELÉTRONS

Pode-se imaginar um cristal metálico como um retículo formado por cátions metálicos no qual os elétrons de valência podem movimentar-se livremente nas três direções do cristal. Tal movimentação eletrônica pode ser comparada à movimentação das moléculas de um gás ou de um líquido. Dessa forma, uma maneira muito simples para descrever os metais é o modelo **gás de elétrons** ou **mar de elétrons**, em que os átomos metálicos perdem os seus elétrons de valência, já que possuem baixas energias de ionização. Contudo, tais elétrons permanecem confinados ao metal por meio de atração eletrostática com os cátions, o que justifica o fato de eles ficarem uniformemente distribuídos pela estrutura. Nenhum elétron individual está confinado a um cátion específico, por isso os elétrons apresentam grande mobilidade. Isso também explica o caráter não direcional da ligação metálica.

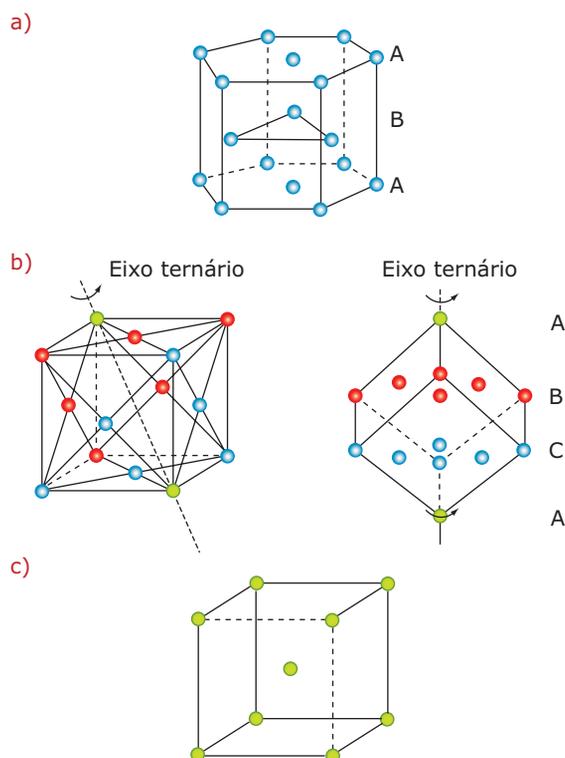


Seção plana de um cristal metálico

PROPRIEDADES DOS METAIS

Estado físico

Os metais são, em sua maioria, sólidos nas condições ambiente de temperatura e pressão. A rigidez dos metais pode ser associada ao fato de os cátions formarem um retículo cristalino. Os retículos cristalinos mais comuns nos metais são mostrados nas figuras a seguir.



As três estruturas metálicas mais comuns. (a) Estrutura hexagonal de empacotamento compacto, na qual cada cátion é circundado por outros 12. (b) Estrutura cúbica de empacotamento compacto ou cúbica de face centrada, em que o número de coordenação também é 12. (c) Estrutura cúbica de corpo centrado mostrando os 8 vizinhos que circundam cada cátion. Nessas estruturas, podemos pensar nos elétrons se movimentando livremente nos interstícios da rede cristalina.

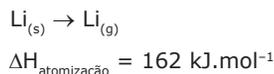
OBSERVAÇÃO

- Uma exceção importante é o mercúrio (Hg), que se apresenta no estado líquido nas condições normais.

Pontos de fusão e de ebulição

Os metais representativos costumam apresentar pontos de fusão e de ebulição que vão de médios a elevados. Nesses metais, a força de coesão entre os átomos é mantida exclusivamente pelo mar de elétrons e pode ser estimada pela entalpia de atomização dos metais.

Exemplo: Atomização do lítio



A força de coesão nos metais representativos aumenta à medida que estes passam do grupo 1 para o grupo 2 e do grupo 2 para o grupo 13 da tabela periódica. Isso sugere que a força da ligação metálica está relacionada ao número de elétrons de valência, o que pode ser explicado facilmente pelo modelo mar de elétrons. Um metal com maior número de elétrons de valência forma maior número de elétrons semilivres e cátions de maior carga. Nesses casos, as ligações não direcionais entre o conjunto de cátions e o conjunto de elétrons são mais intensas.

Os metais de transição, por sua vez, contam com uma contribuição dos elétrons localizados em subníveis d. Tais elétrons possuem energia de ionização alta demais para ficarem deslocalizados. Esses átomos, então, disponibilizam seus elétrons de valência para a formação do mar de elétrons, e os elétrons desemparelhados, localizados em um subnível d mais interno, formam ligações covalentes. Isso explica por que os metais de transição possuem, normalmente, pontos de fusão e de ebulição mais elevados que os representativos.

Condutividade elétrica e térmica

Os metais apresentam boa condutividade elétrica e térmica. Quando uma diferença de potencial é aplicada em um metal, os elétrons, que antes se movimentavam desordenadamente no cristal, passam a fluir ordenadamente do polo negativo para o polo positivo. A alta condutividade térmica dos materiais metálicos também pode ser explicada pela mobilidade dos elétrons, pois essa mobilidade permite a rápida distribuição de energia cinética pelo sólido.

Brilho

A superfície polida de um metal funciona como espelho, isto é, reflete as radiações visíveis que incidem sobre elas sob qualquer ângulo. Isso se deve aos elétrons deslocalizados que absorvem a energia da luz e a emitem quando retornam ao estado fundamental. Como a luz visível em todos os comprimentos de onda é absorvida e imediatamente reemitida, praticamente toda a luz incidente se reflete, conferindo o brilho ao metal.

Solubilidade

Os metais são insolúveis nos solventes moleculares comuns. O mercúrio (Hg) é um líquido que consegue dissolver a maioria dos metais, e os metais alcalinos se dissolvem em amônia líquida (NH_3).

Maleabilidade e ductibilidade

Maleabilidade é a facilidade com que um material é transformado em lâminas delgadas, e ductibilidade é a facilidade com que um material se transforma em fios finos. Os metais são bastante maleáveis e dúcteis. Isso significa que, apesar de existir uma força de coesão intensa no retículo cristalino, eles não oferecem muita resistência à deformação de suas estruturas. Tal propriedade está relacionada ao fato de a ligação metálica não ter caráter direcional. Os cátions metálicos de um metal podem deslizar uns pelos outros sem prejuízo das forças atrativas, pois os elétrons estão distribuídos uniformemente e podem acompanhar as mudanças nas posições catiônicas. Os sólidos iônicos, covalentes ou moleculares, não exibem esse comportamento. Considere, por exemplo, a diferença entre deixar cair um cubo de gelo e um bloco de alumínio.

TEORIA DAS BANDAS ELETRÔNICAS

Em estruturas de moléculas como o benzeno, alguns elétrons estão deslocalizados ou distribuídos por vários átomos. A ligação metálica pode ser pensada de maneira similar. Os orbitais atômicos de um átomo metálico superpõem-se aos dos vários átomos vizinhos mais próximos, que, por sua vez, superpõem-se aos orbitais de vários outros átomos.

A superposição ou interpenetração de orbitais atômicos leva à formação de orbitais moleculares. O número de orbitais moleculares é igual ao número inicial de orbitais atômicos que se superpõem. Em um material metálico, o número de orbitais atômicos que interagem é muito grande, o que origina um número elevado de orbitais responsáveis pela ligação metálica. À medida que a superposição de orbitais atômicos ocorre, forma-se a combinação de orbitais ligantes e antiligantes. As energias desses orbitais localizam-se em intervalos pouco espaçados na faixa de energia entre os orbitais de mais alta e mais baixa energia. Conseqüentemente, a interação de todos os orbitais atômicos de valência de cada átomo metálico com todos os outros adjacentes origina um grande número de orbitais que se estendem por um monocristal metálico inteiro.

As diferenças de energia entre esses orbitais são tão minúsculas que, para efeitos práticos, podemos pensar no conjunto de orbitais como uma banda contínua de estados de energia permitidos, às quais chamamos de bandas eletrônicas ou bandas de energia. A figura a seguir esquematiza essa situação.

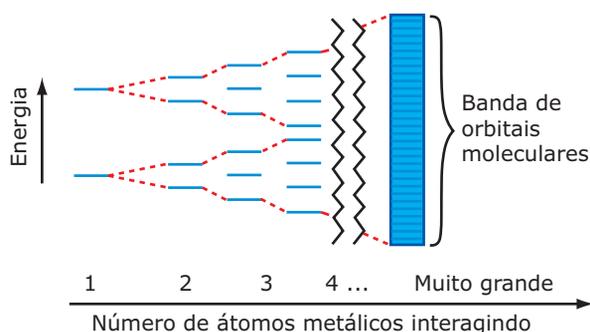


Ilustração esquemática de como o número de orbitais moleculares aumenta e seus espaçamentos de energia diminuem à medida que o número de átomos que interagem aumenta. Nos metais, essas interações formam uma banda aproximadamente contínua de orbitais moleculares deslocalizados por toda a rede metálica. O número de elétrons disponível não preenche completamente esses orbitais.

Os elétrons disponíveis para as ligações metálicas não preenchem completamente os orbitais disponíveis; pode-se pensar na banda eletrônica como um recipiente para elétrons parcialmente preenchido. O preenchimento incompleto das bandas eletrônicas dá origem às propriedades tipicamente metálicas. Os elétrons nos orbitais próximos ao topo dos níveis ocupados necessitam de muito pouca energia para serem promovidos para orbitais de energia ainda mais alta, que estão desocupados. Sob influência de qualquer fonte de excitação, como um potencial elétrico aplicado ou absorção de energia térmica, os elétrons passam para níveis antes vagos e podem se mover livremente pela rede, dando origem à condutividade térmica e elétrica.

LIGAS METÁLICAS

As ligas metálicas são formadas pela união de dois ou mais metais ou, ainda, pela união entre metais e ametais, considerando que, neste último caso, a porcentagem dos elementos metálicos é maior.

O preparo das ligas dá-se pela união de seus componentes no estado fundido que, posteriormente, esfriam e se solidificam, resultando em uma solução sólida.

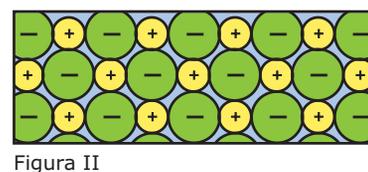
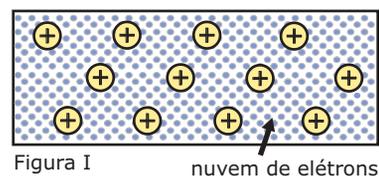
Quando misturamos os componentes, conseguimos formar uma liga que possua determinadas propriedades que faltavam individualmente nos metais.

Principais ligas metálicas

Liga	Composição
Aço	Fe – 98,5% C – 0,5 a 1,5% Traços de Si, S e P
Aço inox	Aço – 74% Cr – 18% Ni – 8%
Solda elétrica	Pb – 67% Sn – 33%
Ouro 18 quilates	Au – 75% Cu – 12,5% Ag – 12,5%
Bronze	Cu – 90% Sn – 10%
Latão	Cu – 67% Zn – 33%
Amálgama	Hg, Ag, Cd, Cu, Sn, Au (percentuais variados, com a predominância do Hg)

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Nas figuras I e II, estão representados dois sólidos cristalinos, sem defeitos, que exibem dois tipos diferentes de ligação química.



Considerando-se essas informações, é **CORRETO** afirmar que

- A) a figura II corresponde a um sólido condutor de eletricidade.
- B) a figura I corresponde a um sólido condutor de eletricidade.
- C) a figura I corresponde a um material que, no estado líquido, é um isolante elétrico.
- D) a figura II corresponde a um material que, no estado líquido, é um isolante elétrico.

- 02.** (UFRN) Gílson, estudando Química Geral, aprendeu que a posição de cada elemento na tabela periódica pode ser representada como um ponto (x,y) num gráfico de coordenadas (x = grupo, y = período). Na prova de Química, o professor solicitou que se correlacionassem as coordenadas dos pares de elementos, tabeladas a seguir, com o provável tipo de ligação resultante de suas combinações.

1º Par	2º Par	3º Par	4º Par
(11,4) e (14,5)	(15,2) e (15,2)	(2,4) e (17,3)	(14,2) e (16,2)

Na respectiva ordem dos pares de coordenadas anteriores, Gílson identificou **CORRETAMENTE** que as ligações são do tipo

- A) metálica, covalente apolar, iônica, covalente polar.
 B) iônica, covalente apolar, metálica, covalente polar.
 C) metálica, covalente polar, iônica, covalente apolar.
 D) covalente polar, iônica, covalente apolar, metálica.
- 03.** (UFU-MG-2007) Considere as alternativas a seguir e assinale a **INCORRETA**.
- A) Pode-se obter fios a partir de elementos como ouro e níquel.
 B) Metais são, em geral, muito resistentes à tração.
 C) Quando polidas, superfícies metálicas refletem muito bem a luz.
 D) Em materiais que apresentam ligação metálica, os pontos de fusão são sempre elevados.
- 04.** Julgue os itens.
- () Um pedaço de metal sólido é constituído por moléculas.
 () Metais são bons condutores de calor, pois apresentam elétrons livres.
 () O aço é uma liga que apresenta alta resistência à tração, daí ser usado em cabos de elevadores e em construção civil.

- 05.** (PUC Minas-2009) Analise as propriedades físicas na tabela a seguir.

Amostra	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)	Condução de corrente elétrica	
			25 °C	1 000 °C
A	805	1 413	Isolante	Condutor
B	45	180	Isolante	—
C	1 540	2 800	Condutor	Condutor

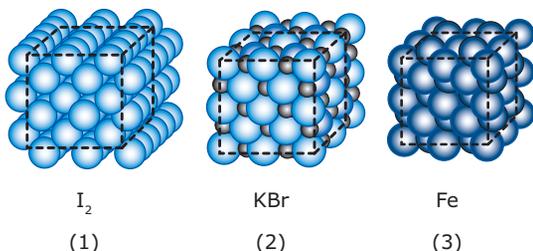
Considerando-se os modelos de ligação, A, B e C podem ser classificados, respectivamente, como compostos

- A) iônico, metálico e molecular.
 B) metálico, molecular e iônico.
 C) molecular, metálico e iônico.
 D) iônico, molecular e metálico.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UFRN) A ligação entre átomos de elementos de transição é
- A) iônica. C) metálica.
 B) covalente. D) coordenada.
- 02.** (UFRGS) A alternativa que apresenta, respectivamente, exemplos de substâncias com ligação iônica, covalente polar, covalente apolar e metálica é
- A) AgCl , O_2 , H_2 , FeO . D) BF_3 , Br_2 , HF , Mn .
 B) BeCl_2 , CO_2 , CH_4 , Fe . E) MgO , H_2O , I_2 , Al .
 C) Ca(OH)_2 , HCl , O_3 , SiC .
- 03.** (UFU-MG) Considerando a tabela periódica e as propriedades dos elementos químicos, assinale a alternativa **CORRETA**.
- A) Um metal é uma substância dúctil e maleável que conduz calor e corrente elétrica.
 B) A maioria dos elementos químicos é constituída por não metais.
 C) Em condições ambiente, 25 °C e 1 atm, o hidrogênio e o hélio encontram-se no estado líquido.
 D) Os íons formados pelo fósforo e pelo cálcio não são isoeletrônicos.
- 04.** (UFPA-MG) O alumínio e o cobre são largamente empregados na produção de fios e de cabos elétricos. A condutividade elétrica é uma propriedade comum dos metais. Esse fenômeno deve-se
- A) à presença de impurezas de ametais que fazem a transferência de elétrons.
 B) ao fato de os elétrons nos metais estarem fracamente atraídos pelo núcleo.
 C) à alta afinidade eletrônica desses elementos.
 D) à alta energia de ionização dos metais.
 E) ao tamanho reduzido dos núcleos dos metais.
- 05.** (UFC) As propriedades físicas e químicas do ouro justificam a importância comercial histórica desse mineral. Entre essas propriedades, relacionam-se as seguintes:
- I. Sua coloração e reluzente beleza, que o qualificam como um metal precioso.
 II. É relativamente fácil de ser modelado mecanicamente para compor objetos artísticos.
 III. Não é oxidado ao ar e não é facilmente solúvel em solventes comuns.
 IV. É cineticamente inerte em soluções alcalinas e em quase todas as soluções ácidas.
- Entre as características do ouro anteriormente relacionadas, são propriedades físicas e químicas, respectivamente,
- A) I, III e II, IV. D) III, IV e I, II.
 B) II, III e I, IV. E) II, IV e I, III.
 C) I, II e III, IV.

06. (UEL-PR-2007) A imagem a seguir mostra três sólidos cujas formas são cúbicas. Em (1), (2) e (3) estão representados, respectivamente, cristais de iodo, brometo de potássio e ferro.



Sobre as estruturas (1), (2) e (3), é **CORRETO** afirmar:

- A) A molécula individual do cristal (1) apresenta átomos unidos por ligação covalente polar.
- B) O cristal (2) é formado por um número de prótons maior do que o número de elétrons.
- C) A substância representada em (3) é boa condutora de eletricidade no estado sólido e no líquido.
- D) A substância representada em (1) é boa condutora de eletricidade no estado líquido.
- E) A substância representada em (2) é boa condutora de eletricidade no estado sólido.

07. (PUC-SP) Os metais são conhecidos pela sua maleabilidade e ductilidade, por serem bons condutores térmicos e elétricos e por apresentarem brilho característico. Propriedades mais específicas de alguns metais são descritas a seguir:

- O metal I é líquido à temperatura ambiente e dissolve diversos outros metais, formando amálgamas que apresentam larga aplicação.
- O metal II apresenta temperatura de fusão de 98 °C, é mole e reage violentamente com a água, liberando grande quantidade de energia.
- O metal III é certamente o metal mais utilizado no mundo, sendo o principal constituinte das ligas metálicas conhecidas genericamente como aço.
- O metal IV tem bastante aplicação na indústria civil e de embalagens. Além de pouco denso, tem a vantagem de ser coberto por uma fina camada de óxido que dificulta a sua corrosão pelo oxigênio.

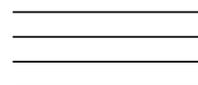
Os metais I, II, III e IV são, respectivamente,

- A) mercúrio, ouro, cobre e titânio.
- B) cério, potássio, prata e alumínio.
- C) mercúrio, sódio, ferro e alumínio.
- D) mercúrio, sódio, cobre e estanho.
- E) gálio, ouro, ferro e alumínio.

08. (Cesgranrio) O bário é um metal utilizado em velas para motores, em pigmento para papel e em fogos de artifício. A respeito de algumas características do bário, assinale a alternativa **INCORRETA**.

- A) Tem altos pontos de fusão e de ebulição.
- B) Conduz bem a corrente elétrica no estado sólido.
- C) Forma composto iônico quando se liga ao flúor.
- D) Pertence à família dos metais alcalinoterrosos.
- E) Tende a receber 2 elétrons quando se liga ao oxigênio.

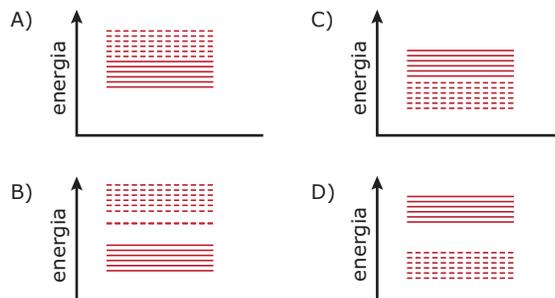
09. (UFRN) O cobre é o material mais utilizado na fabricação de fios condutores de corrente elétrica. Pode-se representar a banda de valência dos sólidos por



e a banda de condução por



Indique o diagrama que representa a boa condutividade do cobre metálico, em condições normais de temperatura e pressão.



10. (UFRJ) As ligas metálicas são formadas pela união de dois ou mais metais, ou ainda, por uma união entre metais, ametais e semimetais. Relacionando, no quadro a seguir, cada tipo de liga com as composições dadas,

Liga	Composição
(I) Aço	(A) Cu 67% - Zn 33%
(II) Ouro 18 quilates	(B) Cu 90% - Sn 10%
(III) Bronze	(C) Fe 98,5% - C 0,5 a 1,5% - Traços Si, S e P
(IV) Latão	(D) Au 75% - Cu 12,5% - Ag 12,5%

pode-se afirmar que a única correlação **CORRETA** entre liga e composição encontra-se na alternativa:

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

SEÇÃO ENEM

- 11.** (UFAL–2007) Os Hititas por volta de 2000 a.C. conquistaram o Egito usando armas de ferro superiores às armas egípcias confeccionadas em bronze. Sobre esses materiais, pode-se afirmar **CORRETAMENTE** que
- ferro e bronze são exemplos de substâncias puras.
 - o bronze, uma liga de ferro e carbono, é menos resistente que o ferro puro.
 - o bronze é muito frágil por ser um não metal.
 - somente o bronze é um exemplo de substância pura.
 - o bronze é uma liga metálica constituída principalmente de cobre e estanho.

- 12.** (Mackenzie-SP–2010) Quando dois ou mais metais, no estado líquido, são miscíveis, dizemos que constituem uma liga metálica, podendo ter composição porcentual, em massa, variável. Como exemplo, tem-se o bronze, liga de cobre e estanho, usado na manufatura de um sino que contém 80% de cobre e 20% de estanho e de uma fechadura contendo 90% de cobre e 10% de estanho. Com as informações acima, fazem-se as afirmações.

- O bronze, por não ter composição fixa, não é representado por fórmula química.
- Se o sino for de meia tonelada, a massa de cobre é de 400 kg.
- Se, na fechadura, houver 20 g de estanho, então a quantidade de bronze, nela, é de 200 g.
- Na obtenção de ligas metálicas, deve haver a evaporação dos metais que a compõem.

Estão **CORRETAS** as afirmações

- I e III, somente.
 - I, II e III, somente.
 - II e III, somente.
 - I, II e IV, somente.
 - I, II, III e IV.
- 13.** (Unimontes-MG–2010) O ouro denominado branco, usado na confecção de joias, contém dois elementos: ouro e paládio. Duas amostras distintas de ouro branco diferem em relação às quantidades de ouro e de paládio que contém. Sabendo-se que ambas apresentam composição uniforme, pode-se afirmar **CORRETAMENTE** que o ouro branco é
- um material heterogêneo.
 - uma solução sólida.
 - uma substância composta.
 - uma mistura heterogênea.
 - As afirmativas I, II, III e IV são verdadeiras.

- 01.** (Enem–2004) Na fabricação de qualquer objeto metálico, seja um parafuso, uma panela, uma joia, um carro ou um foguete, a metalurgia está presente na extração de metais a partir dos minérios correspondentes, na sua transformação e sua moldagem. Muitos dos processos metalúrgicos atuais têm em sua base conhecimentos desenvolvidos há milhares de anos, como mostra o quadro:

Milênio antes de Cristo	Métodos de extração e operação
Quinto milênio a.C.	Conhecimento do ouro e do cobre nativos
Quarto milênio a.C.	Conhecimento da prata e das ligas de ouro e prata Obtenção do cobre e chumbo a partir de seus minérios Técnicas de fundição
Terceiro milênio a.C.	Obtenção do estanho e partir do minério Uso do bronze
Segundo milênio a.C.	Introdução do fole e aumento da temperatura da queima Início do uso do ferro
Primeiro milênio a.C.	Obtenção do mercúrio e dos amálgamas Cunhagem de moedas

VANIN, J.A. *Alquimistas e químicos*.

Podemos observar que a extração e o uso de diferentes metais ocorreram a partir de diferentes épocas. Uma das razões para que a extração e o uso do ferro tenham ocorrido após a do cobre ou estanho é

- a inexistência do uso de fogo que permitisse sua moldagem.
- a necessidade de temperaturas mais elevadas para sua extração e sua moldagem.
- o desconhecimento de técnicas para a extração de metais a partir de minérios.
- a necessidade do uso do cobre na fabricação do ferro.
- seu emprego na cunhagem de moedas, em substituição ao ouro.

GABARITO

Fixação

01. B 02. A 03. D 04. F V V 05. D

Propostos

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

Seção Enem

01. B

QUÍMICA

Interações intermoleculares

MÓDULO
12

FRENTE
C

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 d'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**.

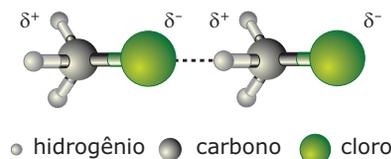
É importante ressaltar que, apesar de estarmos tratando, neste momento, de interações intermoleculares, essas mesmas interações podem aparecer entre grupamentos de uma mesma molécula. Em tal situação, pode-se dizer que são **interações intramoleculares** e podem favorecer um determinado arranjo espacial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

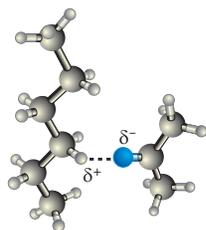
As interações dipolo-dipolo aparecem em todas as substâncias que apresentam **moléculas polares**. São geralmente menos intensas que as ligações entre íons e diminuem a intensidade de forma acentuada com o aumento da distância.



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

INTERAÇÕES DIPOLO-DIPOLO INDUZIDO

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

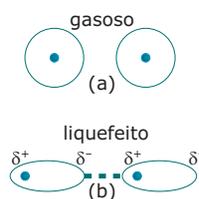


● hidrogênio ● oxigênio ● carbono

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

INTERAÇÕES DIPOLO INSTANTÂNEO-DIPOLO INDUZIDO

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



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

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

de moléculas grandes, com muitos elétrons, as distorções eletrônicas podem criar dipolos instantâneos mais intensos. Supõe-se que, em tais casos, é maior a possibilidade de polarização instantânea da nuvem eletrônica, com o conseqüente aumento global das interações intermoleculares.

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

Halogênio	Ponto de fusão normal / °C	Ponto de ebulição normal / °C
F_2	-219,6	-188,1
Cl_2	-101,0	-34,6
Br_2	-7,2	58,8
I_2	113,5	184,3

LIGAÇÕES DE HIDROGÊNIO

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

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

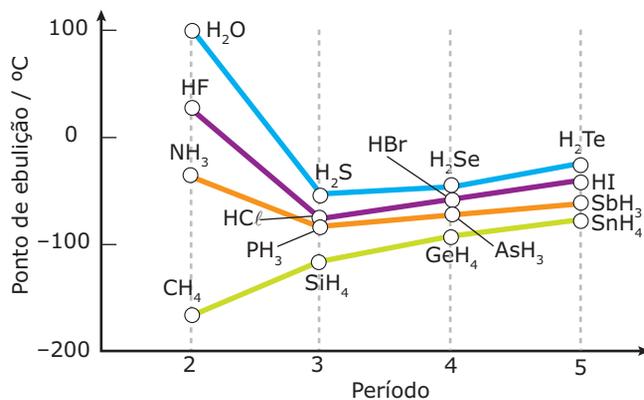
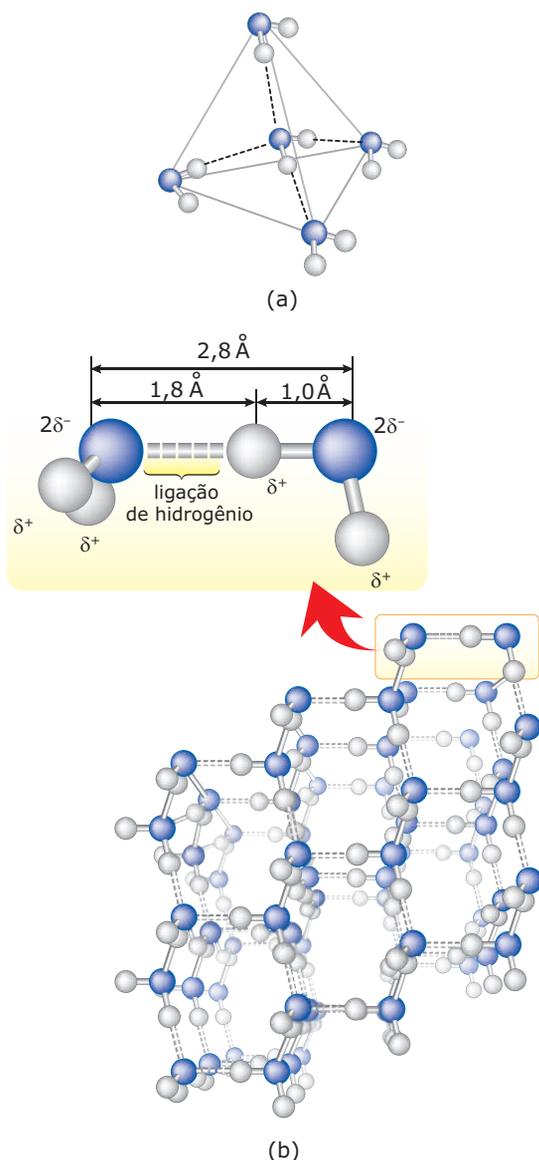


Diagrama mostrando o ponto de ebulição dos hidretos das colunas 14, 15, 16 e 17



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

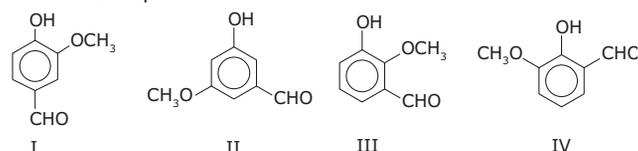
INTERAÇÕES ÍON-DIPOLO

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

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- (PUC Minas) Assinale o tipo predominante de interações entre as moléculas do éter dimetílico.
 A) Interações do tipo dipolo permanente / carga.
 B) Interações do tipo dipolo induzido / dipolo induzido.
 C) Interações do tipo dipolo permanente / dipolo permanente.
 D) Interações do tipo dipolo / ligação de hidrogênio.
- (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
 A) ligações de hidrogênio. D) pontes bissulfeto.
 B) interações dipolo-dipolo. E) forças de London.
 C) ligações metálicas.

- (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.

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

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 01.** (UFRN) O metano (CH_4) é uma substância constituinte do gás natural, utilizado como combustível para a produção de energia.

Nas condições do ambiente (a 25 °C e 1,0 atm), o metano se apresenta no estado gasoso, pois suas moléculas e suas interações são, respectivamente,

	Tipo de moléculas	Tipo de integração
A)	Apolares	Dipolo instantâneo-dipolo induzido
B)	Polares	Dipolo-dipolo
C)	Apolares	Dipolo-dipolo
D)	Polares	Dipolo instantâneo-dipolo induzido

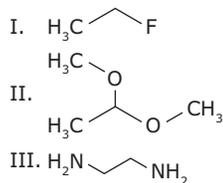
- 02.** (UFC) Recentemente, uma pesquisa publicada na revista *Nature* (v. 405, p. 681, 2000) mostrou que a habilidade das lagartixas (víboras) em escalar superfícies lisas como uma parede, por exemplo, é resultado de interações intermoleculares.

Admitindo-se que a parede é recoberta por um material apolar e encontra-se seca, assinale a alternativa que classifica **CORRETAMENTE** o tipo de interação que prevalece entre as lagartixas e a parede, respectivamente.

- A) Íon-íon
 B) Íon-dipolo permanente
 C) Dipolo induzido-dipolo induzido
 D) Dipolo permanente-dipolo induzido
 E) Dipolo permanente-dipolo permanente
- 03.** (Unip-SP) O principal tipo de força atrativa que deve ser vencida para sublimar o gelo seco (CO_2 sólido) é
- A) ligação covalente.
 B) força de London (entre dipolos temporários).
 C) força entre dipolos permanentes (devido à diferença de eletronegatividade).
 D) ligação coordenada.
 E) ligação iônica.
- 04.** (UFES) A existência de pontes de hidrogênio só é possível entre compostos quando há
- A) um elemento fortemente eletropositivo ligado a um átomo de hidrogênio.
 B) dois elementos, um fortemente eletropositivo e outro fortemente eletronegativo, ligados entre si.
 C) um elemento fortemente eletronegativo, dotado de pares de elétrons não compartilhados, ligado ao hidrogênio.
 D) um aumento muito grande na intensidade das forças de London.
 E) uma ligação química entre o hidrogênio e os elementos de transição externa.

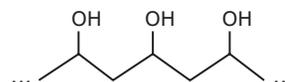
- 05.** (UFTM-MG-2011) Compostos orgânicos contendo halogênios, oxigênio ou nitrogênio podem ser produzidos a partir de hidrocarbonetos e são empregados em processos industriais como matéria-prima ou solventes.

Considerando os compostos, em estado líquido,



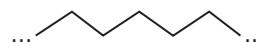
as principais interações intermoleculares que ocorrem em cada um deles são, respectivamente,

- A) dipolo-dipolo; ligação de hidrogênio; dipolo-dipolo.
 B) dipolo-dipolo; dipolo-dipolo; ligação de hidrogênio.
 C) ligação de hidrogênio; dipolo-dipolo; dipolo-dipolo.
 D) ligação de hidrogênio; dipolo-dipolo; ligação de hidrogênio.
 E) ligação de hidrogênio; ligação de hidrogênio; dipolo-dipolo.
- 06.** (UFMG) Um adesivo tem como base um polímero do tipo álcool polivinílico, que pode ser representado por esta estrutura:

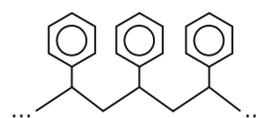


A ação adesiva desse polímero envolve, principalmente, a formação de ligações de hidrogênio entre o adesivo e a superfície do material a que é aplicado.

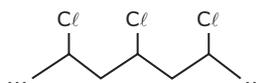
Considere a estrutura destes quatro materiais:



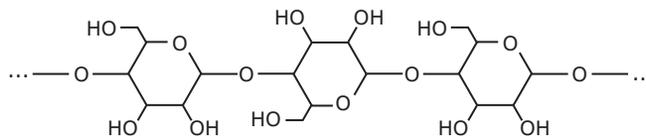
polietileno



poliestireno



cloreto de polivinila

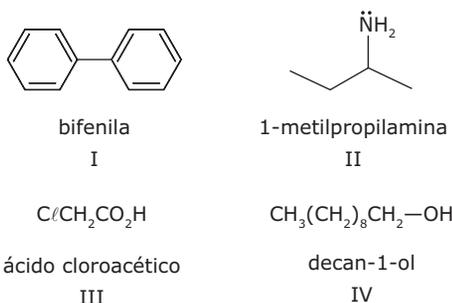


celulose

Com base nessas informações, é **CORRETO** afirmar que o adesivo descrito deve funcionar melhor para colar

- A) celulose. C) polietileno.
 B) cloreto de polivinila. D) poliestireno.

- 07.** (UFV-MG) A bifênica é um composto com ação fungistática, inibe a esporulação de fungos. A 1-metilpropilamina é um fungicida utilizado no controle de fungos em batatas e diversas espécies de frutas cítricas. O ácido cloroacético e seu sal de sódio são comercializados como herbicidas. O decan-1-ol é comercializado como regulador do crescimento de plantas.



- A) Entre os compostos I, II, III e IV, quais são capazes de formar ligações de hidrogênio entre moléculas da mesma espécie?
 B) Que tipo de força intermolecular atua entre as moléculas da bifênica?

- 08.** (FMTM-MG) Os sintomas de uma pessoa apaixonada, como respiração ofegante e batimento cardíaco acelerado, são causados por um fluxo de substâncias químicas, entre elas a serotonina.

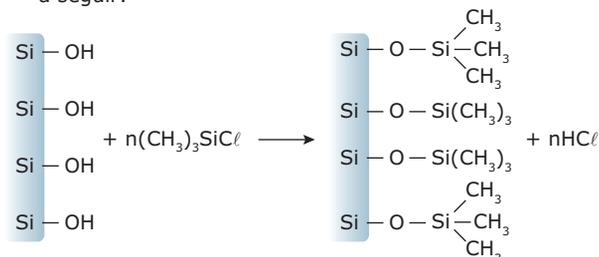


- A interação mais importante presente nessa estrutura é
 A) eletrostática.
 B) Van der Waals.
 C) ligação de hidrogênio.
 D) dipolo-dipolo.
 E) dispersão de London.

- 09.** (UNIRIO-RJ) A mãe de Joãozinho, ao lavar a roupa do filho após uma festa, encontrou duas manchas na camisa: uma de gordura e outra de açúcar. Ao lavar apenas com água, ela verificou que somente a mancha de açúcar desapareceu completamente. De acordo com a regra segundo a qual “semelhante dissolve semelhante”, indique a alternativa que contém a força intermolecular responsável pela remoção do açúcar na camisa de Joãozinho.

- A) Ligação iônica
 B) Ligação metálica
 C) Ligação covalente polar
 D) Forças de London
 E) Ponte de hidrogênio

- 10.** (UFG) Superfícies de vidro podem ser modificadas pelo tratamento com clorotrimetilsilano, como representado a seguir:



Em qual superfície, se utilizada, como janelas, a água escoaria mais rapidamente? **JUSTIFIQUE** sua resposta.

- 11.** (FMTM-MG) Considere os compostos binários de hidrogênio CH_4 , SiH_4 , NH_3 , PH_3 , H_2O e H_2S . Comparando-se os valores do ponto de ebulição dos compostos em cada grupo da tabela periódica, tem-se
 A) $\text{CH}_4 > \text{SiH}_4$, $\text{NH}_3 > \text{PH}_3$ e $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$.
 B) $\text{CH}_4 > \text{SiH}_4$, $\text{NH}_3 > \text{PH}_3$ e $\text{H}_2\text{O} < \text{H}_2\text{S}$.
 C) $\text{CH}_4 < \text{SiH}_4$, $\text{NH}_3 > \text{PH}_3$ e $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$.
 D) $\text{CH}_4 < \text{SiH}_4$, $\text{NH}_3 < \text{PH}_3$ e $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$.
 E) $\text{CH}_4 < \text{SiH}_4$, $\text{NH}_3 < \text{PH}_3$ e $\text{H}_2\text{O} < \text{H}_2\text{S}$.

- 12.** (UFMG–2006) Analise este quadro, em que está apresentada a temperatura de ebulição de quatro substâncias:

Substância	Temp. de ebulição / °C
CH_4	-164,0
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	-0,5
CH_3OH	64,0
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	118,0

Considerando-se os dados desse quadro, é **CORRETO** afirmar que, à medida que a cadeia carbônica aumenta, se tornam mais fortes as

- A) ligações covalentes.
 B) interações dipolo instantâneo-dipolo induzido.
 C) ligações de hidrogênio.
 D) interações dipolo permanente-dipolo permanente.

- 13.** (FMTM-MG) A tabela relaciona duas propriedades das substâncias cloreto de sódio, ácido bórico e sacarose, a 25 °C e 1 atm.

Substâncias	Condutividade elétrica em fase sólida	Principal força de atração com moléculas de água
NaCl	X	Z
H_3BO_3	não condutor	ligações de hidrogênio
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	Y	W

Os termos X, Y, Z e W podem ser substituídos, **CORRETA** e respectivamente, por

- A) condutor, não condutor, íon-dipolo e dipolo-dipolo.
 B) condutor, não condutor, íon-dipolo e forças de London.
 C) não condutor, não condutor, íon-dipolo e forças de London.
 D) não condutor, condutor, dipolo-dipolo e ligações de hidrogênio.
 E) não condutor, não condutor, íon-dipolo e ligações de hidrogênio.

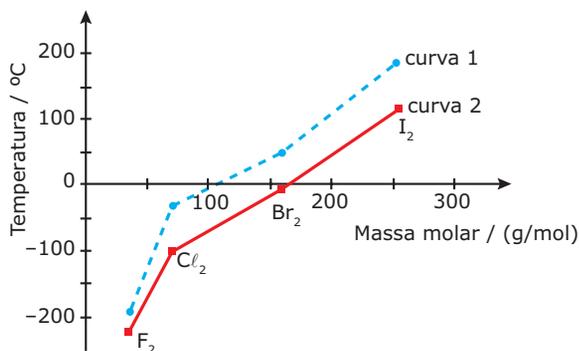
14. (UFMG) Este quadro apresenta as temperaturas de fusão e de ebulição das substâncias Cl_2 , ICl e I_2 .

Substância	Temperatura de fusão / °C	Temperatura de ebulição / °C
Cl_2	-102	-35
ICl	+27	+97
I_2	+113	+184

Considerando-se essas substâncias e suas propriedades, é **CORRETO** afirmar que

- A) no ICl , as interações intermoleculares são mais fortes que no I_2 .
 B) a 25 °C, o Cl_2 é gasoso, o ICl é líquido e o I_2 é sólido.
 C) na molécula do ICl , a nuvem eletrônica está mais deslocada para o átomo de cloro.
 D) no ICl , as interações intermoleculares são, exclusivamente, do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido.
 15. (UEMG) Três frascos denominados A, B e C contêm, respectivamente, $NaCl_{(s)}$, $HNO_{3(l)}$ e $CO_{2(g)}$. Em termos de forças intermoleculares, é **CORRETO** afirmar que
 A) em A observa-se força dipolo-dipolo.
 B) em B observa-se força eletrostática.
 C) em C observa-se força de Van der Waals.
 D) em A e B os compostos são apolares.
 E) em B e C os compostos são polares.

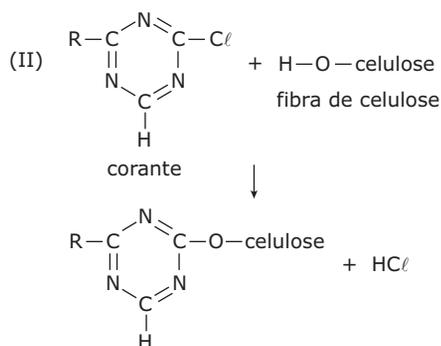
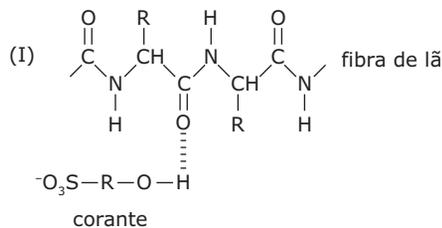
16. (UFMG-2007) Analise este gráfico, em que está representada a variação da temperatura de fusão e da temperatura de ebulição em função da massa molar para F_2 , Cl_2 , Br_2 e I_2 , a 1 atm de pressão.



Considerando-se as informações contidas nesse gráfico e outros conhecimentos sobre o assunto, é **CORRETO** afirmar que

- A) a temperatura de fusão das quatro substâncias está indicada na curva 1.
 B) as interações intermoleculares no Cl_2 são dipolo permanente-dipolo permanente.
 C) as interações intermoleculares no F_2 são menos intensas que no I_2 .
 D) o Br_2 se apresenta no estado físico gasoso quando a temperatura é de 25 °C.

17. (Unimontes-MG-2007) O tingimento de tecidos é feito usando-se corantes. O processo ocorre devido à interação da fibra com a molécula do corante. A seguir, são mostrados os dois processos de tingimento – da fibra de lã (I) e da fibra de celulose (II) – com os dois corantes distintos.

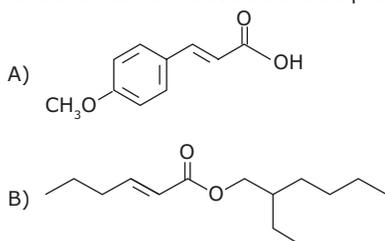


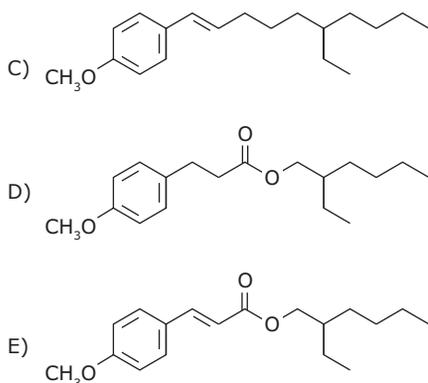
Baseando-se nas informações fornecidas,

- A) que tipo de interação ocorre entre o corante e a fibra no processo I? E no processo II?
 B) em que processo se espera que o tingimento seja mais duradouro? **JUSTIFIQUE.**

SEÇÃO ENEM

01. (Enem-2009) O uso de protetores solares em situações de grande exposição aos raios solares, por exemplo, nas praias, é de grande importância para a saúde. As moléculas ativas de um protetor apresentam, usualmente, anéis aromáticos conjugados com grupos carbonila, pois esses sistemas são capazes de absorver a radiação ultravioleta mais nociva aos seres humanos. A conjugação é definida como a ocorrência de alternância entre ligações simples e duplas em uma molécula. Outra propriedade das moléculas em questão é apresentar, em uma de suas extremidades, uma parte apolar responsável por reduzir a solubilidade do composto em água, o que impede sua rápida remoção quando do contato com a água. De acordo com as considerações do texto, qual das moléculas apresentadas a seguir é a mais adequada para funcionar como molécula ativa de protetores solares?





02. Leia o texto a seguir:

Tecidos Inteligentes

Os tecidos térmicos são formados por fibras poliméricas cujas forças de atração intermolecular são do tipo ligações de hidrogênio. Quando a temperatura está elevada, há uma ruptura de tais interações e a consequente absorção de energia, diminuindo a temperatura do meio (a pele do usuário). Quando a temperatura está baixa, as interações atrativas são restabelecidas, liberando energia.

Caso utilizássemos um tecido cujas unidades de repetição estivessem unidas por meio de dipolo induzido, o conforto térmico desse tecido

- seria mais intenso do que se utilizássemos um tecido cujas unidades de repetição estivessem unidas por meio de dipolos permanentes.
- seria mais intenso do que se utilizássemos um tecido cujas unidades de repetição estivessem unidas por meio de ligações de hidrogênio.
- seria igualmente intenso do que se utilizássemos um tecido cujas unidades de repetição estivessem unidas por meio de ligações de hidrogênio.
- seria menos intenso do que se utilizássemos um tecido cujas unidades de repetição estivessem unidas por meio de ligações covalentes.
- seria menos intenso do que se utilizássemos um tecido cujas unidades de repetição estivessem unidas por meio de ligações de hidrogênio.

03. (Enem-2002) 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 idéia 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.

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

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

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

04. Cabelos serão usados para limpar petróleo no Golfo do México

A Ong Matter of Trust, entidade beneficente sediada em São Francisco, na Califórnia, está promovendo uma coleta de cabelo e pelos de animais para a limpeza de praias no Golfo do México.

Os fios de cabelo coletados são colocados dentro de meias de náilon, para ajudar a absorver o óleo espesso que se aproxima das praias dos estados vizinhos ao local do vazamento, como Louisiana, Mississippi, Alabama e Flórida.

Técnica - Cerca de 200 000 quilos de cabelo chegam à sede da Ong todos os dias. Em entrevista à BBC, a cofundadora da entidade, Lisa Gautier, explicou que o cabelo é um material extremamente eficiente na absorção de todos os tipos de óleo, incluindo o petróleo.

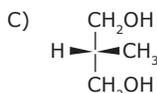
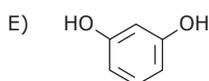
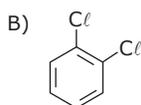
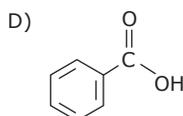
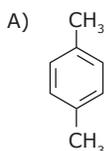
Os voluntários se encarregam de colocar o cabelo dentro de meias em 15 armazéns nas regiões próximas ao desastre. A ideia é deixar essas meias na areia das praias, e não no mar. A técnica tem a aprovação da empresa Applied Fabric Technologies, segundo maior fabricante de utensílios para a absorção de petróleo no mundo.

Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/internacional/cabelos-serao-usados-limpar-petroleo-golfo-mexico>>. Acesso em: 27 jul. 2010.

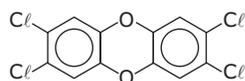
A utilização de cabelos em meias de náilon é eficaz, pois

- cada foliculo tem grande área de superfície, à qual o óleo adere por meio de interações intermoleculares.
- os cabelos reagem com o petróleo, formando produtos menos tóxicos ao meio ambiente.
- as meias de náilon são permeáveis ao petróleo e impermeáveis à água, permitindo a filtragem da água contaminada.
- as interações do tipo ligação de hidrogênio entre o náilon e os fios de cabelo são termodinamicamente favoráveis.
- ao absorverem petróleo o sistema formado é menos denso que a água do mar e permite a separação por decantação.

- 05.** Algumas substâncias, como ciclodextrinas, estão sendo utilizadas em formulações de produtos para a pele, pois possibilitam a liberação do princípio ativo "hóspede", de forma gradual e controlada, maximizando a sua biodisponibilidade. As ciclodextrinas são oligossacarídeos cíclicos obtidos de fonte natural vegetal, têm formato torisférico cilíndrico e apresentam a superfície externa com característica polar e a cavidade interna com característica apolar. Dentre as moléculas representadas a seguir, a "hóspede" favorável a ocupar a cavidade da ciclodextrina é:



- 06.** (Enem-2010) Vários materiais, quando queimados, podem levar à formação de dioxinas, um composto do grupo dos organoclorados. Mesmo quando a queima ocorre em incineradores, há libertação de substâncias derivadas da dioxina no meio ambiente. Tais compostos são produzidos em baixas concentrações, como resíduos da queima de matéria orgânica em presença de produtos que contenham cloro. Como consequência de seu amplo espalhamento no meio ambiente, bem como de suas propriedades estruturais, as dioxinas sofrem magnificação trófica na cadeia alimentar. Mais de 90% da exposição humana às dioxinas é atribuída aos alimentos contaminados ingeridos. A estrutura típica de uma dioxina está apresentada a seguir:



2,3,7,8-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.

GABARITO

Fixação

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

Propostos

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

07. A) II, III e IV.

B) Dipolo instantâneo-dipolo induzido.

08. C

09. E

10. Na superfície do vidro tratado com clorotrimetilsilano. Após o tratamento com $(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$, a superfície do vidro deixa de ter grupos $-\text{OH}$, capazes de estabelecer ligações de hidrogênio com a água, e passa a ter uma superfície com características menos polares, o que diminui a intensidade das interações da água com a superfície. Dessa forma, a água passa a escoar com maior facilidade.

11. C

12. B

13. E

14. C

15. C

16. C

17. A) I. Ligação de hidrogênio

II. Ligação covalente

B) O tingimento da fibra de celulose, pois o corante liga-se covalentemente a ela, enquanto na fibra de lã a ligação ocorre apenas por interações intermoleculares (ligação de hidrogênio).

Seção Enem

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

QUÍMICA

Ácidos e sais carboxílicos

MÓDULO
09

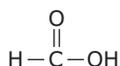
FRENTE
D

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

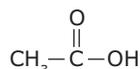
Os ácidos carboxílicos são compostos que possuem como grupo funcional a carbonila (C=O), ligada a uma hidroxila (-OH), e que se denomina grupo carboxila. A carboxila pode ser representada por -COOH, ou ainda por -CO₂H. Os ácidos carboxílicos constituem a função orgânica que possui maior caráter ácido na Química Orgânica.

Nomenclatura IUPAC

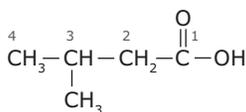
A nomenclatura de um ácido carboxílico é idêntica à de um hidrocarboneto. Apenas deve-se iniciar o nome do composto com a palavra **ácido** seguida do nome da cadeia principal e substituir a terminação **-o** do hidrocarboneto pela terminação **-oico**. Para numerar a cadeia principal de um ácido carboxílico, deve-se começar pelo carbono da carboxila. No caso de diácidos, triácidos, etc. deve-se, apenas, acrescentar a terminação **-dioico**, **-trioico**, etc., ao nome do hidrocarboneto com o mesmo número de carbonos.



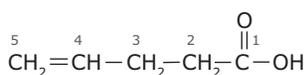
ácido metanoico (IUPAC)
ácido fórmico (usual)



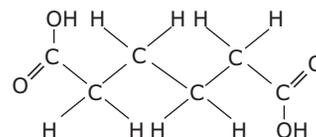
ácido etanoico (IUPAC)
ácido acético (usual)



ácido 3-metilbutanoico



ácido pent-4-enoico



ácido hexandioico (IUPAC)
ácido adípico (usual)

Aplicações dos ácidos carboxílicos

Os ácidos, devido a sua estrutura, são usados nas sínteses de corantes, em perfumes, na confecção de estampas de tecidos, como medicamentos, na alimentação (ácido acético), no curtimento de peles, na fabricação de acetona e outros derivados, como conservantes de alimentos e na obtenção de amidas, álcoois, etc.

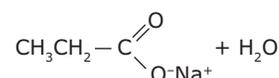
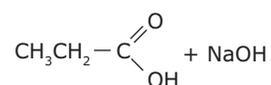
Fontes naturais dos ácidos carboxílicos

Os ácidos carboxílicos apresentam-se na natureza na forma combinada, principalmente como ésteres, óleos, gorduras, ceras, etc.

SAIS DE ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

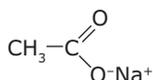
São compostos orgânicos derivados de ácidos carboxílicos obtidos por reações de neutralização com bases inorgânicas.

Reação de neutralização

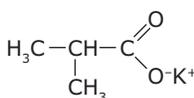


Nomenclatura IUPAC

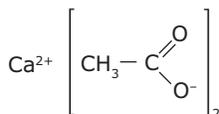
A nomenclatura de um sal de ácido carboxílico é análoga à nomenclatura dos sais inorgânicos. A terminação **-ico** do ácido de origem é substituída por **-ato** seguida da preposição **de** e do **nome do cátion**.



etanoato de sódio ou acetato de sódio



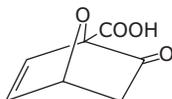
2-metilpropanoato de potássio



etanoato de cálcio ou acetato de cálcio

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFMG) Que função **NÃO** está presente na estrutura?

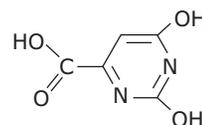


- A) Álcool
- B) Cetona
- C) Éter
- D) Ácido
- E) Alqueno

02. (UFRRJ) O corpo humano excreta moléculas de odor peculiar. Algumas são produzidas por glândulas localizadas nas axilas. A substância em questão é o ácido 3-metil-2-hexenoico. A cadeia carbônica dessa substância é classificada como

- A) acíclica, normal, saturada, homogênea.
- B) acíclica, ramificada, insaturada, homogênea.
- C) acíclica, ramificada, saturada, heterogênea.
- D) alifática, normal, saturada, heterogênea.
- E) alicíclica, ramificada, saturada, homogênea.

03. (UNIRIO-RJ-2006) Apesar do nome, o ácido erótico não tem propriedades afrodisíacas! O nome vem de uma derivação de seu nome original: ácido orótico. Após sucessivos “enganos” na literatura química, esse nome foi adotado como válido também. O ácido orótico é a vitamina B₁₃ e pode reagir com hidróxido de sódio, formando o respectivo sal.



REPRESENTE a reação entre vitamina B₁₃ e o hidróxido de sódio em meio aquoso.

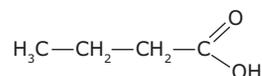
04. (PUC RS-2009) As indústrias costumam adicionar aos alimentos determinados aditivos com a finalidade de conservar, colorir, acidificar, espessar, entre outras. Sobre um desses aditivos alimentares, o benzoato de sódio, é **CORRETO** afirmar que

- A) pertence à função éster.
- B) tem fórmula molecular C₆H₅ONa.
- C) pode ser obtido a partir da reação de fenol com hidróxido de sódio.
- D) é um sal orgânico de caráter básico.
- E) é obtido a partir da reação de ácido benzoico, de fórmula molecular CH₃COOH.

05. (Mackenzie-SP-2008) A manteiga rançosa apresenta odor e sabor alterados, devido à presença de ácido butanoico, não podendo assim ser comercializada. Para torná-la aproveitável, o ranço é eliminado, tratando-se a manteiga com bicarbonato de sódio.

A partir do texto anterior, fazem-se as afirmações:

- I. São citados os nomes de duas substâncias compostas.
- II. O ácido butanoico é representado pela fórmula estrutural



III. O bicarbonato de sódio neutraliza a substância que rancifica a manteiga.

IV. Esterificação é o nome da reação entre o ácido butanoico e o bicarbonato de sódio.

Estão **CORRETAS**

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

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG) A molécula HCOOH representa um

- A) ácido carboxílico.
- B) álcool.
- C) carboidrato.
- D) éster.
- E) aldeído.

02. (UERJ) *Um modo de prevenir doenças cardiovasculares, câncer e obesidade é não ingerir gordura do tipo errado. A gordura pode se transformar em uma fábrica de radicais livres no corpo, alterando o bom funcionamento das células.*

As consideradas boas para a saúde são as insaturadas de origem vegetal, bem como a maioria dos óleos.

Quimicamente os óleos e as gorduras são conhecidos como glicerídeos, que correspondem a ésteres da glicerina, com radicais graxos.

JORNAL DO BRASIL, 23 ago. 1998 (Adaptação).

A alternativa que representa a fórmula molecular de um ácido graxo de cadeia carbônica insaturada é

- A) $C_{12}H_{24}O_2$.
- B) $C_{14}H_{28}O_2$.
- C) $C_{16}H_{32}O_2$.
- D) $C_{18}H_{34}O_2$.

03. (UFMG) Quando o ácido propanoico é descarboxilado em condições especiais, forma-se o etano. As estruturas desses compostos orgânicos são, respectivamente,

- A) CH_3COOH e CH_3OH .
- B) CH_3COOH e CH_3CH_2OH .
- C) CH_3CH_2COOH e CH_3CH_3 .
- D) CH_3CH_2COOH e $CH_3CH_2CH_3$.
- E) CH_3COOCH_2OH e CH_3CH_3 .

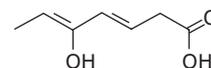
04. (PUC-Campinas-SP) Na manteiga rançosa, encontra-se a substância $CH_3CH_2CH_2COOH$. O nome dessa substância é

- A) butanol.
- B) butanona.
- C) ácido butanoico.
- D) butanoato de metila.
- E) butanal.

05. (UFRJ) O ácido benzoico é um conhecido aditivo químico muito utilizado como conservante na indústria alimentícia. As ligações sigma (σ) e pi (π) encontradas, respectivamente, em uma molécula desse conservante são em número de

- A) 15 e 3.
- B) 15 e 4.
- C) 14 e 3.
- D) 14 e 4.
- E) 15 e 2.

06. (UFAM-2006) Qual nome que **MELHOR** designa o composto a seguir?



- A) Ácido 3-hidroxi-hepta-2,4-dienoico
- B) Ácido 5-hidroxi-heptadieno-3,5-oico
- C) Ácido 5-hidroxi-hepta-3,5-dienoico
- D) Ácido 5-heptenoldioico-3,5
- E) Ácido heptanol-5-dieno-2,4-oico

07. (Mackenzie-SP) Um aluno derrubou, acidentalmente, um frasco contendo solução de hidróxido de sódio na bancada do laboratório. Para que ninguém corresse risco, o preparador, antes de lavar a bancada, neutralizou o hidróxido com uma certa substância. Essa substância pode ter sido

- A) água destilada.
- B) ácido acético diluído.
- C) detergente.
- D) hidróxido de magnésio.
- E) amoníaco.

08. (UERJ) As fórmulas dos compostos que, ao reagirem por neutralização, podem formar o etanoato de berílio são

- A) CH_3COOH , BeOH .
- B) CH_3COOH , $\text{Be}(\text{OH})_2$.
- C) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$, BeOH .
- D) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$, $\text{Be}(\text{OH})_2$.

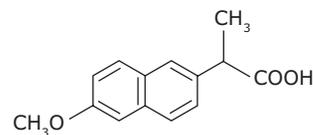
09. (UFJF-MG) O ácido oxálico (ácido etanodioico) é encontrado no tomate. Um sal desse ácido, o oxalato de cálcio, é um dos principais componentes dos cálculos renais (pedra nos rins). A Itália é um dos países com maior incidência desse tipo de cálculo renal em função do seu tipo de alimentação.

- I. O ácido oxálico é uma substância inorgânica.
- II. O oxalato de cálcio é um sal solúvel em meio aquoso.
- III. A fórmula molecular do ácido oxálico é $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.
- IV. A fórmula molecular do oxalato de cálcio é $\text{Ca}_2\text{C}_2\text{O}_4$.
- V. O molho de tomate é responsável pela alta incidência de cálculo renal.

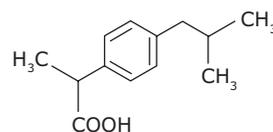
Com base no texto anterior, assinale a alternativa a seguir que só apresenta afirmativas **CORRETAS**.

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

10. (UFMG) O Naproxen e o Ibuprofen são indicados para o tratamento de artrite e reumatismo.



Naproxen

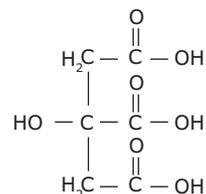


Ibuprofen

Considerando-se essas estruturas moleculares, é **INCORRETO** afirmar que

- A) as duas substâncias são aromáticas.
- B) as duas substâncias têm características básicas.
- C) o grupamento $-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ é comum às duas substâncias.
- D) o Naproxen apresenta um número maior de átomos de carbono em sua molécula.

11. (UFTM-MG-2009 / Adaptado) O acidulante utilizado em um suco apresenta a seguinte fórmula:



ácido cítrico

Examinando-se essa fórmula, conclui-se que o ácido cítrico

- I. é um ácido triprótico;
- II. tem fórmula molecular $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_{10}$;
- III. é um ácido graxo derivado do glicerol.

É **CORRETO** o que se afirma somente em

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

SEÇÃO ENEM

01. Leia o texto a seguir:

Acredite se quiser

Quatro décadas depois de sua morte, o corpo de João XXIII é encontrado em perfeito estado

“Não é milagre algum.” A frase é do médico legista e professor titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Nelson Massini, sobre o excelente estado de conservação do corpo do papa João XXIII.

Para o médico legista Massini, existem muitas causas que podem explicar o porquê de a carcaça humana não apodrecer. Apesar de o corpo de João XXIII não ter sido embalsamado, ficou protegido por três caixões vedados. Depois disso os esquifes foram colocados numa tumba fria de mármore. Tanta proteção deve ter impedido a presença do oxigênio, essencial para que a carne se desfaça. A aparência “saudável” do Papa pode ser também graças a um processo químico chamado saponificação, que ocorre às vezes com cadáveres. Na ausência da umidade e da temperatura favorável à putrefação, a gordura da pele adquire a aparência e a consistência do sabão.

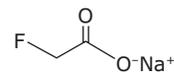
ISTOÉ, n.º 1.644, 4 de abril de 2001 (Adaptação).

O processo de saponificação ocorre em duas etapas. A primeira etapa consiste na hidrólise da gordura (triglicerídeo), decomposição da gordura pela água que origina um triálcool (glicerol) e três mols de ácido graxo. Na segunda etapa, o ácido graxo é neutralizado por uma substância de caráter básico originando o sabão.

No processo de saponificação, forma-se o sabão, um

- A) sal de ácido graxo de caráter básico.
- B) ácido graxo de caráter ácido.
- C) composto molecular de caráter básico.
- D) composto iônico que apresenta um grupo carboxila.
- E) sal de ácido graxo de caráter ácido.

02. No ano de 2004, diversas mortes de animais por envenenamento no zoológico de São Paulo foram evidenciadas. Estudos técnicos apontam suspeita de intoxicação por monofluoracetato de sódio, conhecido como composto 1 080 e ilegalmente comercializado como raticida. O monofluoracetato de sódio é um derivado do ácido monofluoracético e age no organismo dos mamíferos bloqueando o ciclo de Krebs, que pode levar à parada da respiração celular oxidativa e ao acúmulo de amônia na circulação.



monofluoracetato de sódio

Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br>>.

Acesso em: 05 ago. 2010 (Adaptação)

O monofluoracetato de sódio pode ser obtido pela

- A) desidratação do ácido monofluoracético, com liberação de água.
- B) hidrólise do ácido monofluoracético, sem formação de água.
- C) perda de íons hidroxila do ácido monofluoracético, com liberação de hidróxido de sódio.
- D) neutralização do ácido monofluoracético usando hidróxido de sódio, com liberação de água.
- E) substituição dos íons hidrogênio por sódio na estrutura do ácido monofluoracético, sem formação de água.

03. “Em tempos de gripe suína, quem anda desaparecida é a dengue!” Esse foi um comentário de um estudante alertando as autoridades de que o Brasil está se esquecendo de que existe dengue.

Os cientistas, principalmente químicos, biólogos e farmacêuticos, buscam, incansavelmente, o tratamento para várias doenças, enquanto outros se preocupam em como evitá-las.

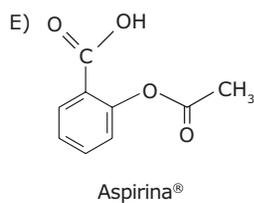
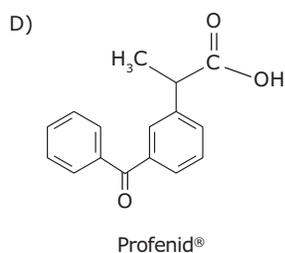
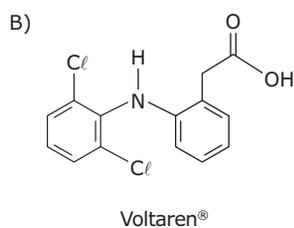
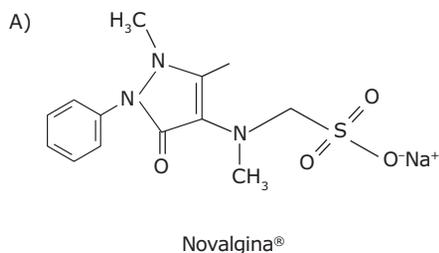
Em uma aula na faculdade de Química, o professor solicitou aos alunos que preparassem, em laboratório, o componente ativo do remédio utilizado no tratamento da dengue.

Fazendo uma revisão do Ensino Médio, o professor apresentou cinco estruturas de medicamentos e algumas instruções. A missão dos alunos era descobrir a estrutura correta e pesquisar como chegar até o remédio.

Para isso, as instruções foram:

- Apresenta pH menor que 7, em solução aquosa, indicando acidez.
- Possui anel benzênico em sua estrutura.
- Possui, em sua estrutura, o grupo metila.
- Contém uma carbonila.

Diante disso, os alunos que fizeram a opção correta procuraram, com a ajuda de professores, em livros e na Internet, os métodos para sintetizar o(a)



GABARITO

Fixação

01. A
02. B
03.

$$\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+\text{O}^-\text{C}_6\text{H}_4\text{-COOH} + \text{H}_2\text{O}$$
04. D
05. B

Propostas

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

Seção Enem

01. A
02. D
03. C

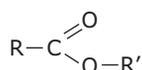
QUÍMICA

Ésteres

MÓDULO
10

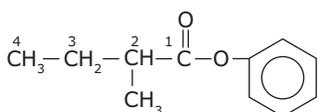
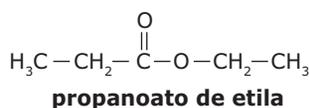
FRENTE
D

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



NOMENCLATURA IUPAC

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



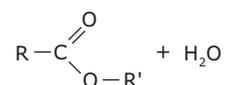
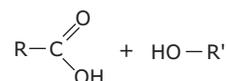
2-metilbutanoato de fenila

REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

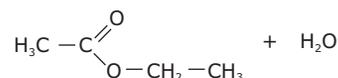
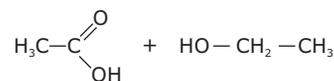
Um dos principais métodos de síntese de ésteres é a reação de esterificação direta ou esterificação de Fischer. Essa reação consiste em uma desidratação intermolecular entre uma molécula de ácido carboxílico e uma molécula de álcool, catalisada por ácidos inorgânicos fortes e concentrados, como HCl e H₂SO₄.

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

A equação genérica que representa a esterificação é a seguinte:



Exemplo:



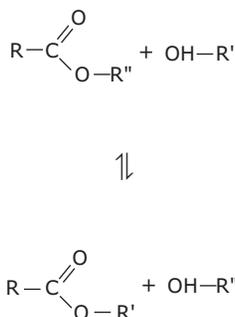
A reação de esterificação no sentido inverso é denominada hidrólise.

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.

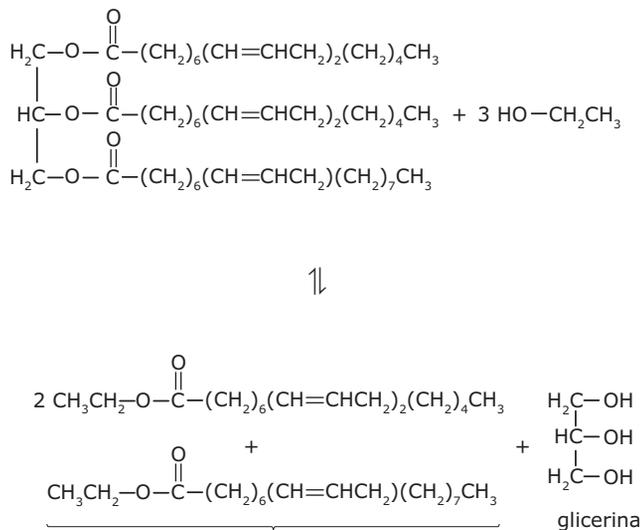
A reação de transesterificação consiste na reação entre um éster e um álcool catalisada por ácidos ou bases fortes, que origina um novo éster e um novo álcool.

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:



A mistura dos ésteres formados é denominada biodiesel.

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

APLICAÇÕES DOS ÉSTERES

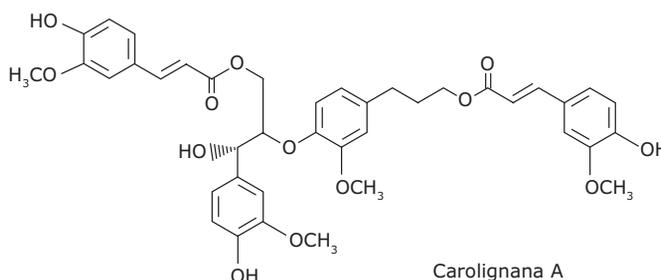
Os ésteres são utilizados como flavorizantes na indústria alimentícia na fabricação de doces, balas e refrigerantes; na indústria farmacêutica, na fabricação de xaropes e pastilhas, já que imitam o sabor e o odor de frutas. Os ésteres de cadeia longa são utilizados na fabricação de sabão.

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 FIXAÇÃO

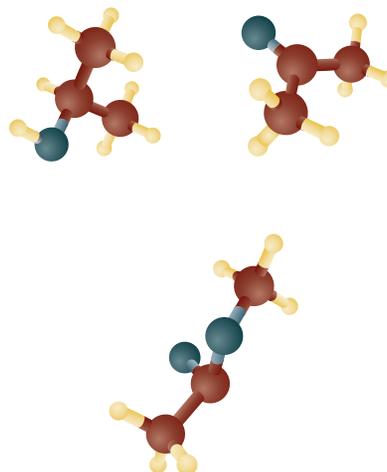
01. (UFV-MG) O composto denominado Carolignana A, cuja fórmula está representada a seguir, foi isolado no Departamento de Química da UFV a partir da planta *Ochroma lagopus*, popularmente conhecida como balsa, devido à baixa densidade de sua madeira, que é utilizada para o fabrico de caixões e jangadas.



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.

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



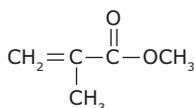
Elas são, respectivamente,

- A) etanoato de metila, propanona e 2-propanol.
- B) 2-propanol, propanona e etanoato de metila.
- C) 2-propanol, etanoato de metila e propanona.
- D) propanona, etanoato de metila e 2-propanol.
- E) propanona, 2-propanol e etanoato de metila.

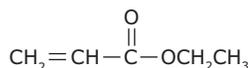
03. (UFU-MG) O cheiro característico de damasco deve-se principalmente ao butanoato de pentila. Esse composto pode ser sintetizado em laboratório, por meio da reação entre um ácido e um álcool. A esse respeito, **ESCREVA**

- 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.

04. (UFOP-MG-2009) Considere os compostos I e II, cujas estruturas são mostradas a seguir:



I

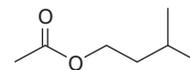


II

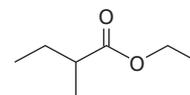
Em relação a esses compostos é **INCORRETO** afirmar:

- 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 sp^2 .

05. (UFV-MG-2010) 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



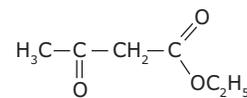
2-metilbutanoato de etila

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.

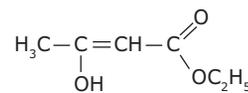
EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (UFMG / Adaptado) Quando o acetoacetato de etila – Composto I – é dissolvido em hexano, estabelece-se o equilíbrio representado nesta equação:



composto I

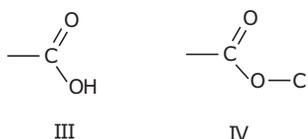
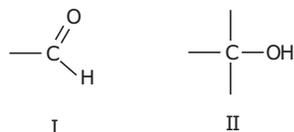
\rightleftharpoons



composto II

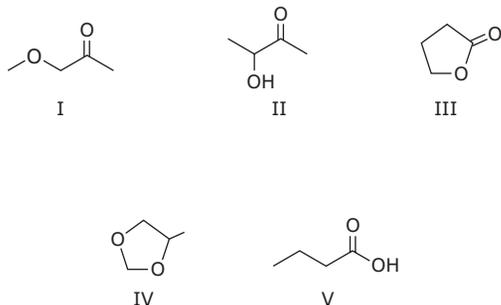
IDENTIFIQUE as funções orgânicas presentes na estrutura do composto I.

- 02.** (UFLA-MG-2006) Um grande número de compostos orgânicos contém oxigênio em sua estrutura, formando diferentes classes funcionais. Alguns grupos funcionais oxigenados estão representados a seguir:



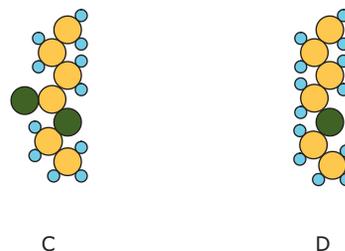
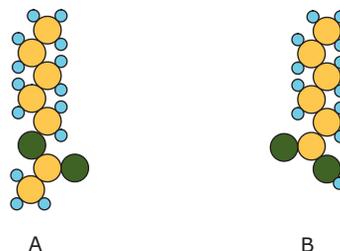
Assinale a alternativa que apresenta as classes funcionais dos grupos I, II, III e IV, respectivamente.

- A) Éster, álcool, aldeído, ácido carboxílico
 B) Álcool, aldeído, cetona, éter
 C) Cetona, álcool, éter, aldeído
 D) Aldeído, ácido carboxílico, éster, éter
 E) Aldeído, álcool, ácido carboxílico, éster
- 03.** (PUCPR-2011) Ao realizar análise química de duas substâncias, um aluno deparou-se com a seguinte situação: a substância X mostrava-se reativa com álcool etílico (C_2H_5OH) em meio ácido, gerando um composto com odor característico de abacaxi, enquanto a substância Y respondeu positivamente tanto para o teste de cetonas como para o de álcoois.
- Tendo que ambas as substâncias analisadas apresentam fórmula $C_4H_8O_2$, quais, entre as estruturas a seguir, correspondem aos compostos X e Y, respectivamente?



- A) Tanto X como Y correspondem ao mesmo composto II.
 B) Compostos V e II.
 C) Compostos IV e V.
 D) Compostos III e I.
 E) Compostos I e II.

- 04.** (FUVEST-SP) Entre as estruturas a seguir, duas representam moléculas de substâncias, pertencentes à mesma função orgânica, responsáveis pelo aroma de certas frutas.



● hidrogênio ● carbono ● oxigênio

Essas estruturas são

- A) A e B.
 B) B e C.
 C) B e D.
 D) A e C.
 E) A e D.
- 05.** (ITA-SP) Considere as seguintes substâncias:
- I. H_3C-CH_2-CHO
 II. $H_3C-CH_2-CO-CH_3$
 III. $H_3C-CH_2-O-CH_3$
 IV. $H_3C-CH_2-CO-O-CH_3$

e as seguintes funções químicas:

- A. Ácido carboxílico
- B. Álcool
- C. Aldeído
- D. Cetona
- E. Éster
- F. Éter

A opção que associa **CORRETAMENTE** as substâncias com as funções químicas é

- A) ID; IIC; IIIE; IVF.
- B) IC; IID; IIIE; IVA.
- C) IC; IID; IIIF; IVE.
- D) ID; IIC; IIIF; IVE.
- E) IA; IIC; IIIE; IVD.

06. (AMAN-RJ) O composto etanoato de vinila está **CORRETAMENTE** representado em

- A) $\text{CH}_3\text{COOCH}=\text{CH}_2$.
- B) $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$.
- C) $\text{CH}_3\text{COOC}_6\text{H}_5$.
- D) $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_{11}$.
- E) $\text{CH}_3\text{COOC}_3\text{H}_7$.

07. (UFRGS-2006) Assinale a alternativa que apresenta a associação **CORRETA** entre a fórmula molecular, o nome e uma aplicação do respectivo composto orgânico.

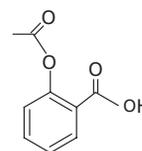
- A) $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$ – acetato de butila – aroma artificial de fruta
- B) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$ – etoxietano – anestésico
- C) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COCH}_3$ – propanona – removedor de esmalte
- D) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ – ácido butanoico – produção de vinagre
- E) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ – pentano – preparação de sabão

08. (Mackenzie-SP-2010) Usado como solvente de vernizes, o etanoato de etila é um éster que, ao reagir com a água, fornece etanol ($\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$) e ácido etanoico ($\text{H}_3\text{C}-\text{COOH}$).

A fórmula molecular desse solvente é

- A) $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$.
- B) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_3$.
- C) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.
- D) $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_3$.
- E) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

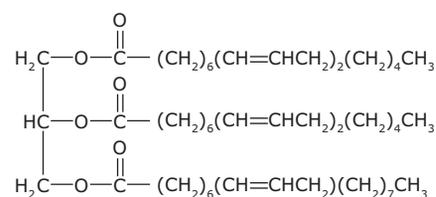
09. (UNIFESP-2006) Medicamentos obtidos da natureza são utilizados pelo homem há muito tempo. Produtos naturais e seus derivados são muito empregados na fabricação de medicamentos pelas indústrias farmacêuticas modernas. A maioria das pessoas, em algum momento, já fez uso de alguns desses compostos. O ácido acetilsalicílico, estrutura representada na figura, que compõe o conhecido medicamento de nome comercial aspirina, é obtido a partir do ácido salicílico que ocorre na casca da árvore do salgueiro branco, *Salix alba*.



Na hidrólise da aspirina, é formada uma substância que está presente no vinagre e também o ácido salicílico, que tem fórmula molecular

- A) $\text{C}_7\text{H}_2\text{O}_3$.
- B) $\text{C}_7\text{H}_4\text{O}_2$.
- C) $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$.
- D) $\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_5$.
- E) $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$.

10. (UFVJM-MG-2008) 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. Óleos vegetais de residências e de estabelecimentos comerciais, como bares e restaurantes, têm sido utilizados como uma fonte viável de triacilglicerol, que é quimicamente constituído, principalmente, de ácidos graxos insaturados: o linoleico (2 insaturações) e o oleico (1 insaturação).



Com base nessas informações, faça o que se pede:

INDIQUE os produtos da reação química de formação de biodiesel a partir do triacilglicerol com o metanol, em meio básico.

SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem-2009) Metade do volume de óleo de cozinha consumido anualmente no Brasil, cerca de dois bilhões de litros, é jogada incorretamente em ralos, pias e bueiros. Estima-se que cada litro de óleo descartado polua milhares de litros de água. O óleo no esgoto tende a criar uma barreira que impede a passagem da água, causa entupimentos e, conseqüentemente, enchentes. Além disso, ao contaminar os mananciais, resulta na mortandade de peixes. A reciclagem do óleo de cozinha, além de necessária, tem mercado na produção de biodiesel. Há uma demanda atual de 1,2 bilhões de litros de biodiesel no Brasil. Se houver planejamento na coleta, transporte e produção, estima-se que se possa pagar até R\$ 1,00 por litro de óleo a ser reciclado.

Programa mostra caminho para uso do óleo de fritura na produção de biodiesel. Disponível em: <<http://www.nutrinews.com.br>>. Acesso em: 14 fev. 2009 (Adaptação).

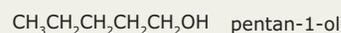
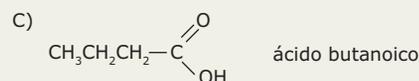
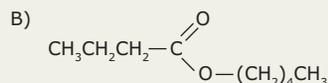
De acordo com o texto, o destino inadequado do óleo de cozinha traz diversos problemas. Com o objetivo de contribuir para resolver esses problemas, deve-se

- A) utilizar o óleo para a produção de biocombustíveis, como etanol.
- B) coletar o óleo devidamente e transportá-lo às empresas de produção de biodiesel.
- C) limpar periodicamente os esgotos das cidades para evitar entupimentos e enchentes.
- D) utilizar o óleo como alimento para os peixes, uma vez que preserva seu valor nutritivo após o descarte.
- E) descartar o óleo diretamente em ralos, pias e bueiros, sem tratamento prévio com agentes dispersantes.

GABARITO

Fixação

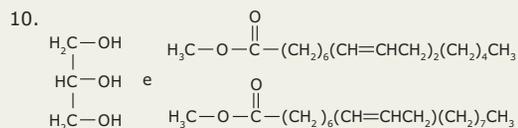
01. E
02. B
03. A) Éster



04. B
05. D

Propostos

01. Éster e cetona
02. E
03. B
04. D
05. C
06. A
07. B
08. A
09. C



Seção Enem

01. B

QUÍMICA

Aminas, amidas e outras funções orgânicas

MÓDULO
11

FRENTE
D

AMINAS

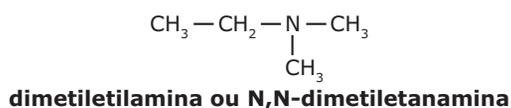
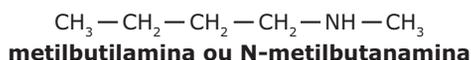
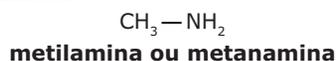
São compostos derivados da amônia, NH_3 , pela substituição de um átomo de H (ou mais) por grupos carbônicos, em que o(s) carbono(s) que se liga(m) ao nitrogênio é(são) saturado(s). As aminas podem ser classificadas em:

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

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

Nomenclatura IUPAC

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



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

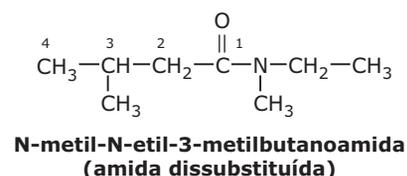
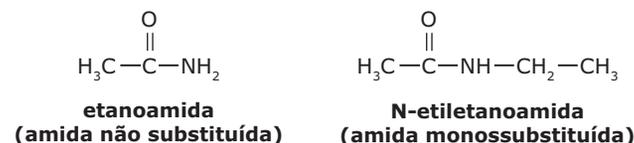
Compostos derivados dos ácidos carboxílicos por substituição da hidroxila de um nitrogênio, ou seja, o grupo funcional é constituído por um átomo de nitrogênio ligado a uma carbonila. Apesar de possuírem um átomo de oxigênio em seu grupo funcional, as amidas são consideradas compostos nitrogenados.

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.



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

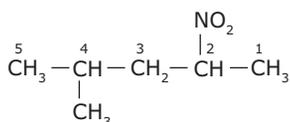
As amidas raramente são encontradas na natureza, sendo geralmente sintetizadas em laboratório.

NITROCOMPOSTOS

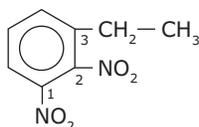
São compostos orgânicos que apresentam o grupamento nitro ($-\text{NO}_2$) ligado a átomo de carbono. Os nitrocompostos podem ser considerados compostos derivados dos hidrocarbonetos pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio pelo grupamento nitro ($-\text{NO}_2$).

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

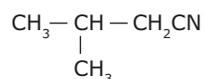
A nomenclatura de uma nitrila é formada pelo nome do hidrocarboneto de origem com a terminação **-nitrila**.

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

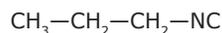
São compostos derivados do ácido isocianídrico, HNC, pela substituição de um átomo de H por grupos carbônicos alquila ou arila.

Nomenclatura IUPAC

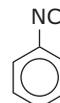
A nomenclatura de uma isonitrila é formada pelo nome do hidrocarboneto que origina o grupamento alquila ou arila ligado ao grupamento funcional isocianeto ($-\text{NC}$) com a terminação **-isonitrila**.

Nomenclatura usual

A nomenclatura usual de uma isonitrila é formada pelo nome do grupo funcional **isocianeto** seguido da preposição **de** e do nome do grupo alquila ou arila ligado a esse grupamento funcional.



propanoisonitrila ou isocianeto de propila

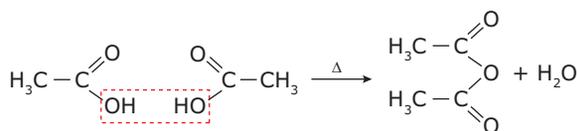


benzenoisonitrila ou isocianeto de fenila

ANIDRIDOS

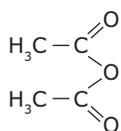
São compostos obtidos da desidratação intermolecular (acíclicos) ou intramolecular (cíclicos) dos ácidos carboxílicos.

Exemplo:

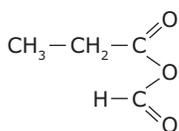


Nomenclatura IUPAC

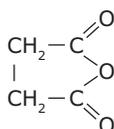
A nomenclatura de um anidrido é igual à nomenclatura do ácido carboxílico de origem, se o anidrido for simétrico (anidrido obtido a partir de moléculas de um único ácido carboxílico), trocando-se a palavra ácido pela palavra **anidrido**. Todavia, quando o anidrido é assimétrico, cita-se primeiramente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



anidrido etanoico ou acético
(anidrido simétrico)



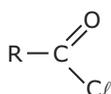
anidrido metanoico-propanoico
(anidrido assimétrico)



anidrido butanodioico ou succínico
(anidrido simétrico e cíclico)

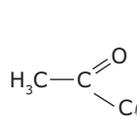
CLORETOS DE ÁCIDOS

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

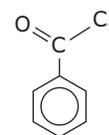


Nomenclatura IUPAC

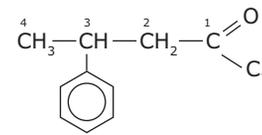
A nomenclatura de um cloreto de ácido é derivada da nomenclatura dos ácidos carboxílicos; deve-se citar o nome **cloreto** seguido da preposição **de** e substituir a terminação **-ico** do ácido carboxílico de origem pela terminação **-ila**. Para numerar a cadeia de um cloreto de ácido, deve-se começar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



cloreto de etanoíla ou acetila



cloreto de benzoíla



cloreto de 3-fenilbutanoíla

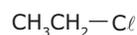
COMPOSTOS HALOGENADOS OU HALETOS ORGÂNICOS

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 > 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



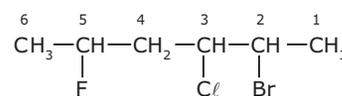
triclorometano
clorofórmio



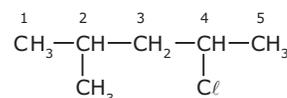
fluormetano
fluoreto de metila



iodobenzeno
iodeto de fenila



2-bromo-3-cloro-5-fluorexano



4-cloro-2-metilpentano

Aplicações dos compostos halogenados

Os compostos halogenados são utilizados como solventes e como matéria-prima para a produção industrial de plásticos (PVC), medicamentos, inseticidas (BHC e DDT) e chumbo tetraetila (antigo antidetonante da gasolina). Alguns haletos de cloro e flúor ainda são utilizados como gases propelentes em aerossóis e em sistemas de refrigeração (os freons, CFCs, são gases responsáveis pela destruição da camada de ozônio).

Fontes naturais dos compostos halogenados

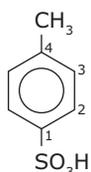
Os haletos não são encontrados na forma livre na natureza. Geralmente, são produzidos em laboratório.

ÁCIDOS SULFÔNICOS

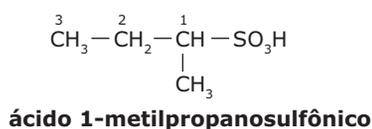
São compostos orgânicos derivados do ácido sulfúrico pela substituição de um grupamento hidroxila (-OH) por um grupamento orgânico.

Nomenclatura IUPAC

A nomenclatura de um ácido sulfônico é a mesma do hidrocarboneto de origem, precedida pela palavra **ácido** e com a terminação **-sulfônico**. Para numerar a cadeia de um ácido sulfônico, deve-se começar pelo carbono ligado ao grupamento SO_3H .



ácido 4-metilbenzenosulfônico
ou
p-toluenosulfônico



$\text{CH}_3 - \text{SO}_3\text{H}$
ácido metanosulfônico

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

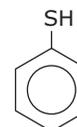
A nomenclatura de um tioálcool é a mesma do hidrocarboneto de origem com a terminação **-tiol**. Para numerar a cadeia de um tioálcool, deve-se começar pela extremidade mais próxima ao carbono ligado ao grupamento -SH.

Nomenclatura usual

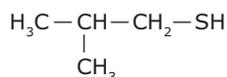
A nomenclatura usual de um tioálcool considera a nomenclatura do grupo alquila ou arila de origem, seguida da expressão **mercaptana** ou **hidrogenossulfeto**.



etanotiol,
etilmercaptana ou
etilhidrogenossulfeto



benzenotiol,
fenilmercaptana ou
fenilhidrogenossulfeto



2-metilpropano-1-tiol,
isobutilmercaptana ou
isobutilhidrogenossulfeto

TIOÉTERES OU SULFETOS

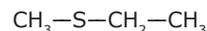
São compostos que possuem o enxofre (-S-) como grupamento funcional. Os tioéteres podem ser considerados compostos derivados dos éteres pela substituição do átomo de oxigênio pelo átomo de enxofre.

Nomenclatura IUPAC

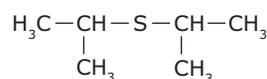
A nomenclatura de um tioéter inicia-se a partir do nome do grupo alquila ou arila (cadeia de menor número de carbonos), adicionando-se o prefixo **-tio** ao nome do hidrocarboneto de origem (cadeia de maior número de carbonos).

Nomenclatura usual

Inicia-se com a palavra **sulfeto**, seguida da preposição **de** e dos nomes dos grupos alquila ou arila (em ordem de complexidade).



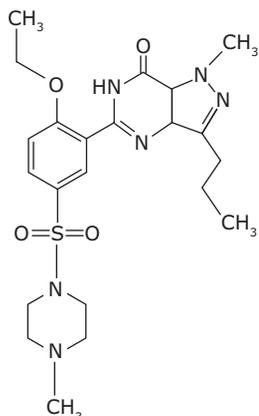
metiltioetano ou sulfeto de metiletila



isopropiltioisopropano ou sulfeto de isopropila

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01.** (UFTM-MG-2009) Muitos dos medicamentos atualmente utilizados para determinadas finalidades foram descobertos por meio de pesquisas que buscavam obter medicamentos para outras finalidades. É o caso do sildenafil®, utilizado contra a impotência sexual masculina, descoberto quando se buscava uma nova droga para o tratamento de doenças cardíacas. A fórmula estrutural desse medicamento é



Examinando-se essa fórmula estrutural, verifica-se

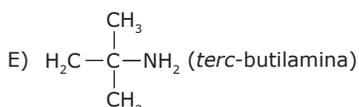
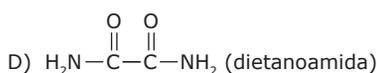
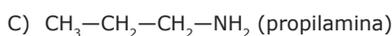
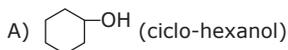
- I. que o átomo de enxofre está compartilhando 8 elétrons no total.
- II. a presença das funções amina e amida.
- III. que há quatro grupos metila por molécula.
- IV. a presença de três anéis benzênicos por molécula.

É **CORRETO** o que se afirma somente em

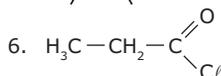
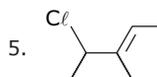
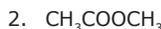
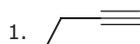
- A) I e II. C) II e IV. E) II, III e IV.
 B) II e III. D) I, II e III.

- 02.** (FUVEST-SP) Qual a fórmula estrutural e o nome do composto $\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$, sabendo-se que ele contém anel aromático?

- 03.** (PUC Minas) O nome das substâncias está **INCORRETAMENTE** indicado nos parênteses em



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

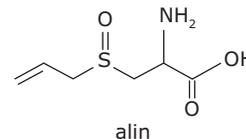
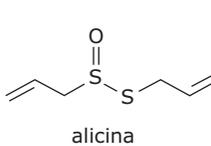
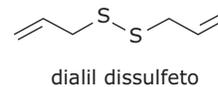
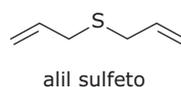


- A. Etanoato de metila
 B. Cloreto de isobutila
 C. Cloreto de propanoíla
 D. 1-butino
 E. 4-cloro-3-metil-2-penteno
 F. Etanamida

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

- 05.** (UFJF-MG-2010) 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:

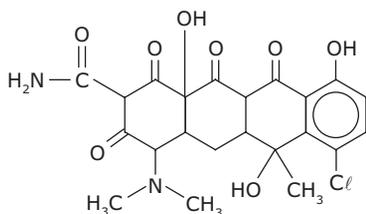


Com relação às estruturas dessas moléculas, assinale a alternativa **INCORRETA**.

- 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 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{S}_2$.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

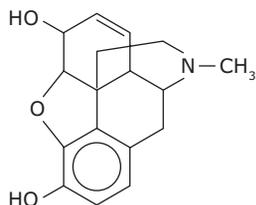
- 01.** (UFMG–2009) Analise a fórmula estrutural da aureomicina, substância produzida por um fungo e usada como antibiótico no tratamento de diversas infecções.



A partir da análise dessa fórmula estrutural, é **CORRETO** afirmar que a aureomicina apresenta funções carbonílicas do tipo

- A) ácido carboxílico e aldeído.
- B) aldeído e éster.
- C) amida e cetona.
- D) cetona e éster.

- 02.** (UFSC) A morfina é um alcaloide que constitui 10% da composição química do ópio, responsável pelos efeitos narcóticos dessa droga. A morfina é eficaz contra dores muito fortes, utilizada em pacientes com doenças terminais muito dolorosas.

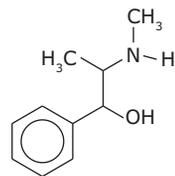


morfina

Algumas das funções orgânicas existentes na estrutura da morfina são

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

- 03.** (UFJF-MG) Sobre a efedrina (estrutura a seguir), uma das substâncias que, segundo noticiado, causaram a eliminação do jogador de futebol argentino Maradona da Copa de 94, é **CORRETO** afirmar que apresenta em sua molécula os grupos funcionais

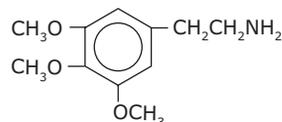


- A) fenol e nitrila.
- B) fenol e amina.
- C) álcool e amina.
- D) álcool e nitrila.
- E) fenol e nitrocomposto.

- 04.** (UFMG) Os aminoácidos que constituem as proteínas caracterizam-se pela presença, na molécula, das funções amina e ácido carboxílico. Um exemplo de aminoácido é

- A) $\text{CH}_3\text{—CO—NH—CH}_3$
- B) $\text{CH}_3\text{—COO—CH}_3$
- C) $(\text{NO}_2)\text{CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$
- D) $(\text{NH}_2)\text{CH}_2\text{—COOH}$
- E)

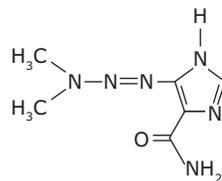
- 05.** (FMU-SP) A fórmula estrutural a seguir é a da mescalina, uma droga alucinógena encontrada em certos cactos.



Em sua molécula, encontramos as seguintes funções:

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

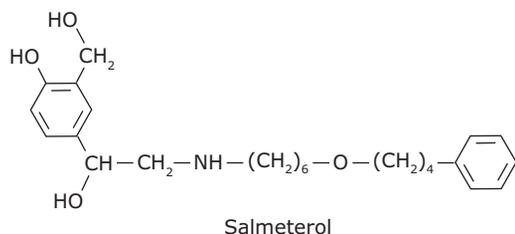
- 06.** (Mackenzie-SP-2010) A estrutura da dacarbazina está representada a seguir, e a respeito dela é **CORRETO** afirmar que



Dados: Massas molares em (g/mol): H = 1, C = 12, N = 14 e O = 16.

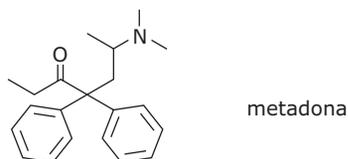
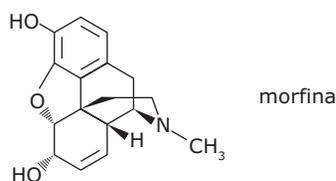
- A) a sua massa molar é equivalente a 184 g/mol.
- B) o composto apresenta os grupos funcionais cetona e amina.
- C) há a presença de um átomo de carbono assimétrico.
- D) existe somente um átomo de carbono secundário.
- E) não forma ligações de hidrogênio intermolecular.

- 07.** (UFU-MG) Considere as informações apresentadas. O salmeterol é usado como broncodilatador no tratamento da asma, principalmente, por meio de inalação em pó ou convencional.



A fórmula molecular e as funções químicas presentes no salmeterol são, respectivamente,

- A) $C_{17}H_{21}NO_4$; fenol; álcool; amida; éter.
 B) $C_{25}H_{37}NO_4$; fenol; álcool; amina; éter.
 C) $C_{25}H_{29}NO_4$; fenol; álcool; amina; éter.
 D) $C_{25}H_{37}NO_4$; fenol; álcool; amina; éster.
- 08.** (UFTM-MG-2011) A morfina e a metadona são analgésicos potentes e provocam graves efeitos colaterais, que vão desde problemas respiratórios à dependência química.



Ambas apresentam:

- I. Grupo funcional amina.
 II. Dois anéis aromáticos.
 III. Dois átomos de carbono assimétrico.
 IV. Um átomo de carbono quaternário.

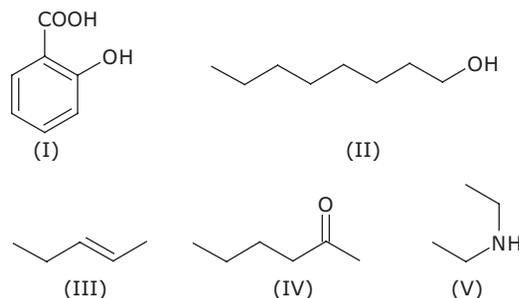
É **CORRETO** o que se afirma apenas em

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

- 09.** (PUC Minas) A metilamina, substância responsável pelo odor de putrefação de carnes e peixes, tem como fórmula
- A) CH_3NH_3 .
 B) $(CH_3)_2NH$.
 C) CH_3NH_2 .
 D) $C_6H_5NH_2$.

- 10.** (FUVEST-SP) **ESCREVA** os nomes dos quatro compostos que se obtêm pela substituição de um átomo de hidrogênio do metano pelos radicais $-CH_3$, $-OH$, $-NH_2$ e $-COOH$.

- 11.** (UFV-MG) Devido ao grande número de compostos orgânicos existentes, a Comissão Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) tem estabelecido regras, que são periodicamente revisadas, para nomear de forma sistemática esses compostos.



Considerando-se as regras de nomenclatura recomendadas pela IUPAC, os nomes dos compostos de (I) a (V), anteriormente representados, são, respectivamente,

- A) ácido orto-hidroxibenzoico; octan-1-ol; cis-pent-2-eno; hexan-2-ona; dietilamida.
 B) ácido orto-hidroxibenzoico; octan-1-ol; trans-pent-2-eno; hexan-2-ona; dietilamina.
 C) ácido 2-hidroxibenzoico; octan-1-ol; cis-pent-3-eno; hexan-2-ona; dietilamina.
 D) ácido para-hidroxibenzoico; octan-1-ol; trans-pent-2-eno; hexan-5-ona; dietilamina.
 E) ácido 2-hidroxibenzoico; octan-1-ol; trans-pent-3-eno; hexan-5-ona; dietilamida.

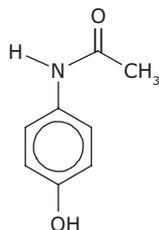
- 12.** (UFU-MG) A serina é uma das moléculas constituintes dos fios da seda, que forma o casulo do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). Sua fórmula é:



Com base nas informações apresentadas, é **CORRETO** afirmar que o nome oficial (IUPAC) da serina é

- A) ácido 2-amino-3-hidroxi-propanoico.
 B) 3-hidroxi-propanamida.
 C) 2-amino-2-carboxi-etanol.
 D) 1-carboxi-2-hidroxi-etanamina.

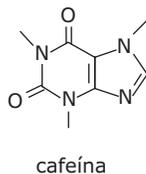
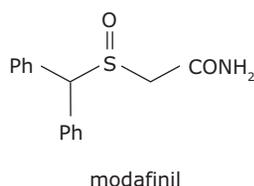
13. (UFMG-2007) O paracetamol, empregado na fabricação de antitérmicos e analgésicos, tem esta estrutura:



É **INCORRETO** afirmar que, entre os grupamentos moleculares presentes nessa estrutura, se inclui o grupo

- A) amino.
 B) carbonila.
 C) hidroxila.
 D) metila.
14. (FMTM-MG) [...] *Nós estávamos particularmente interessados em saber se o modafinil, o mais novo estimulante cognitivo, tem qualquer vantagem sobre a cafeína, muito boa para reverter os efeitos da privação do sono ou desempenho cognitivo. O que concluímos foi que não pareceu haver nenhuma vantagem em usar modafinil no lugar da cafeína. As duas drogas se comportam de forma muito similar [...]*

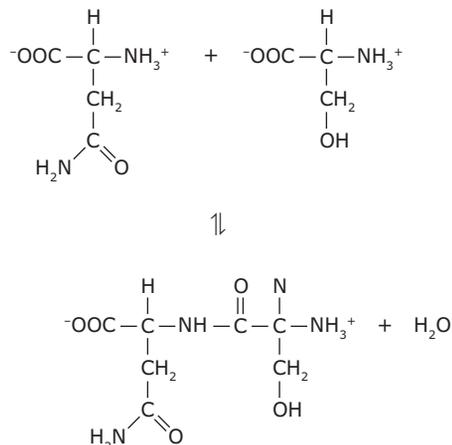
SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. 17 out. 2003 (Adaptação).



A função química comum às substâncias mencionadas e a fórmula molecular da cafeína são, respectivamente,

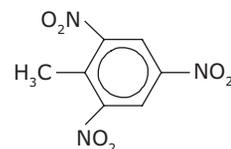
- A) amina e $C_8H_9O_2N_4$.
 B) amida e $C_8H_{10}O_2N_4$.
 C) cetona e $C_8H_9O_2N_4$.
 D) amina e $C_8H_{10}O_2N_4$.
 E) amida e $C_8H_9O_2N_4$.

15. (UNESP-2008) Considere a equação química a seguir, que apresenta a reação entre dois aminoácidos produzindo um dipeptídio.

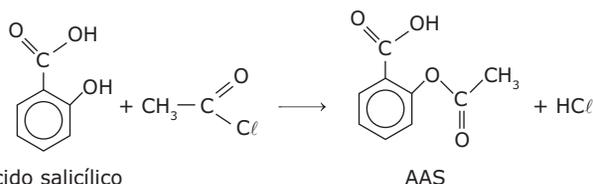


Excluindo as funções amina e ácido carboxílico, comuns a todos os aminoácidos, as demais funções presentes na molécula do dipeptídio são

- A) álcool, éster e amida.
 B) éter e amida.
 C) éter e éster.
 D) amida e éster.
 E) álcool e amida.
16. (Mackenzie-SP) Do trinitrotolueno (TNT), cuja fórmula estrutural é mostrada na figura a seguir, é **INCORRETO** dizer que

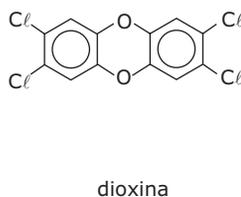
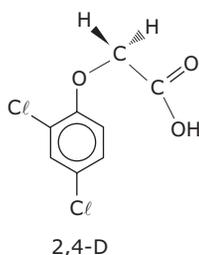


- A) em relação ao metil, o grupo nitro está em posição orto e para.
 B) a cadeia carbônica é aromática, mononuclear e ramificada.
 C) o número de hidrogênios, em uma molécula, é igual a cinco.
 D) todos os carbonos são híbridos sp^3 .
 E) é um poderoso explosivo.
17. (UFRJ) Alguns medicamentos apresentam em sua composição substâncias que podem causar reações de natureza alérgica, provocando, por exemplo, a asma brônquica, especialmente em pessoas sensíveis ao ácido acetilsalicílico (AAS).
- A equação a seguir representa a reação de formação do AAS.



- A) Qual é a fórmula molecular do ácido salicílico?
 B) Que função química, além do ácido carboxílico, está presente no AAS?
 C) Qual é o nome oficial do haleto de acila e do ácido salicílico?

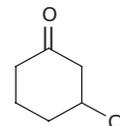
- 18.** (UNESP) Durante a guerra do Vietnã (década de 60 do século passado) foi usado um composto chamado agente laranja (ou 2,4-D), que, atuando como desfolhante das árvores, impedia que os soldados vietnamitas (os vietcongues) se ocultassem nas florestas durante os ataques dos bombardeios. Esse material continha uma impureza, resultante do processo de sua fabricação, altamente cancerígena, chamada dioxina. As fórmulas estruturais para esses compostos são apresentadas a seguir:



Esses compostos apresentam em comum as funções

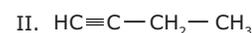
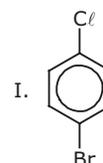
- A) amina e ácido carboxílico.
 B) ácido carboxílico e amida.
 C) éter e haleto orgânico.
 D) cetona e aldeído.
 E) haleto orgânico e amida.
- 19.** (Unicamp-SP) No jornal *Correio Popular*, de Campinas, de 14 de outubro de 1990, na página 19, foi publicada uma notícia referente à existência de lixo químico no litoral sul do estado de São Paulo: [...] a *Cetesb descobriu a existência de um depósito de resíduos químicos industriais dos produtos pentaclorofenol e hexaclorobenzeno, no sítio do Coca, no início de setembro, [...]*. Sabendo que o fenol é um derivado do benzeno, em que um dos hidrogênios da molécula foi substituído por um grupo OH, **ESCREVA** a fórmula estrutural do
- A) pentaclorofenol.
 B) hexaclorobenzeno.

- 20.** (PUC Minas) O composto orgânico a seguir recebe o nome sistemático de



- A) éter *m*-cloro-benzoico.
 B) 1-cloro-3-ceto-ciclo-hexano.
 C) 3-cloro-1-epóxi-ciclo-hexeno.
 D) cloreto de benzoíla.
 E) 3-cloro-ciclo-hexanona.

- 21.** (UNESP) Considere os compostos de fórmula



- A) **CLASSIFIQUE** cada um deles como saturado ou insaturado, alifático ou aromático.
 B) **ESCREVA** os nomes desses compostos, utilizando a nomenclatura oficial.

- 22.** (UFAM-2008) Considere a molécula de cloro-benzeno. Em relação a essa molécula, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Todos os carbonos possuem hibridação do tipo sp^2 .
 II. A molécula é planar.
 III. O comprimento da ligação $\text{Cl}-\text{C}$ é diferente da ligação $\text{C}-\text{H}$.

São **VERDADEIRAS** as afirmações

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

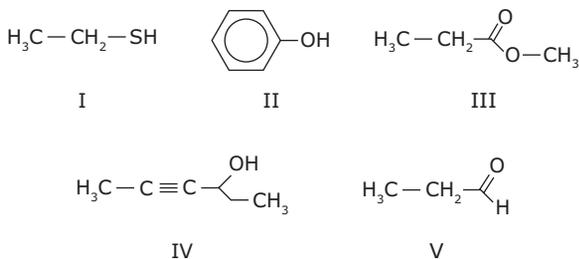
- 23.** (UFG) A análise química do meteorito "Tagish Lake", que caiu no Canadá em janeiro de 2000, revelou a presença das seguintes classes de substâncias orgânicas: hidrocarboneto, ácido dicarboxílico, ácido sulfônico, aminoácido, amina e amida.

Considerando-se essas informações,

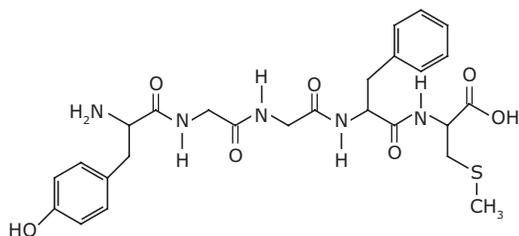
- A) quais elementos químicos caracterizam as classes de substâncias orgânicas identificadas?
 B) **ESCOLHA** quatro das seis classes e **ESCREVA** a fórmula estrutural plana e o nome IUPAC de um representante de cada uma dessas classes.

SEÇÃO ENEM

24. (UFAM–2008) A opção que apresenta, respectivamente, a nomenclatura **CORRETA** dos compostos a seguir, usual ou oficial, é

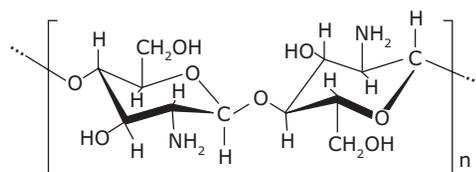


- A) tioetano, *o*-hidroxi-benzeno, metanoato de etila, 2-pentanol-4, etanal.
 B) metilmercaptana, fenol, acetato de acetila, 2-hexin-4-ol, aldeído acético.
 C) etanotiol, hidroxi-benzeno, formiato de propila, 4-hexin-3-ol, ácido etanoico.
 D) etanotiol, fenol, propanoato de metila, 4-hexin-3-ol, propionaldeído.
 E) hidrossulfureto etânico, fenol, metanoato de propila, 3-pent-3-ol, etanal.
25. (ITA-SP–2007) O composto mostrado a seguir é um tipo de endorfina, um dos neurotransmissores produzidos pelo cérebro.



- A) **TRANSCREVA** a fórmula estrutural da molécula.
 B) **CIRCULE** todos os grupos funcionais.
 C) **NOMEIE** cada um dos grupos funcionais circulos.
26. (ITA-SP–2007) Em junho de 2007 foi noticiado que um caminhão transportando cilindros do composto *t*-butil mercaptana (2-metil-2-propanotiol) tombou na Marginal Pinheiros – cidade de São Paulo. Devido ao acidente, ocorreu o vazamento da substância. Quando adicionada ao gás de cozinha, tal substância fornece-lhe um odor desagradável. Assinale a opção que indica a fórmula molecular **CORRETA** desse composto.
- A) $(\text{CH}_3)_3\text{CNH}_2$
 B) $(\text{CH}_3)_3\text{CSH}$
 C) $(\text{CH}_3)_3\text{CNHCH}_3$
 D) $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{NH}_2$
 E) $(\text{CH}_3)_3\text{CSCH}_2\text{OH}$

01. (Enem–2009) Duas matérias-primas encontradas em grande quantidade no Rio Grande do Sul, a quitosana, um biopolímero preparado a partir da carapaça do camarão, e o polioli, obtido a partir do óleo do grão de soja, são os principais componentes de um novo material para incorporação de partículas ou princípios ativos utilizados no preparo de vários produtos. Esse material apresenta viscosidade semelhante à de substâncias utilizadas atualmente em vários produtos farmacêuticos e cosméticos, e fabricadas a partir de polímeros petroquímicos, com a vantagem de ser biocompatível e biodegradável. A fórmula estrutural da quitosana está apresentada em:

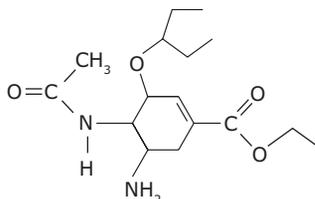


quitosana

CARAPAÇA VERSÁTIL. Pesquisa Fapesp.
 Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br>>.
 Acesso em: 20 maio 2009 (Adaptação).

- Com relação às características do material descrito, pode-se afirmar que
- A) o uso da quitosana é vantajoso devido a suas propriedades, pois não existem mudanças em sua pureza e peso molecular, características dos polímeros, além de todos os seus benefícios ambientais.
 B) a quitosana tem em sua constituição grupos amina, pouco reativos e não disponíveis para reações químicas, com as vantagens ambientais comparadas com os produtos petroquímicos.
 C) o polímero natural quitosana é de uso vantajoso, pois o produto constituído por grupos álcool e amina tem vantagem ambiental comparado com os polímeros provenientes de materiais petroquímicos.
 D) a quitosana é constituída por grupos hidroxila em carbonos terciários e derivados com polioli, dificilmente produzidos, e traz vantagens ambientais comparadas com os polímeros de produtos químicos.
 E) a quitosana é um polímero de baixa massa molecular, e o produto constituído por grupos álcool e amida é vantajoso para aplicações ambientais em comparação com os polímeros petroquímicos.

- 02.** O fosfato de oseltamivir, conhecido popularmente como TAMIFLU®, produzido pelos laboratórios Roche, está sendo usado no combate à pandemia de gripe suína iniciada neste ano, no México. Ele é considerado uma pró-droga, ou seja, dentro do organismo, especificamente no fígado e no intestino, ele é convertido em outra substância, o carboxilato de oseltamivir, que impede a saída do vírus de uma célula para outra. Um estudante, utilizando os recursos da Internet, pesquisou a estrutura do TAMIFLU®, encontrando a estrutura a seguir:



Baseado no exposto, é correto o que se afirma em:

- A) Essa estrutura é a fórmula química do remédio fosfato de oseltamivir.
- B) A estrutura apresentada possui grupo de caráter ácido, portanto, não reage facilmente com o ácido fosfórico (H_3PO_4).
- C) A estrutura citada não mostra a possibilidade de formação do carboxilato, que é a estrutura atuante no impedimento de propagação do vírus de uma célula para outra.
- D) O fosfato de oseltamivir é um sal inorgânico proveniente da reação da molécula ilustrada com o ácido fosfórico numa reação de neutralização.
- E) O fato de o remédio ser excretado pela urina (via renal) pode ser explicado pelas interações de grupos polares da estrutura apresentada com moléculas de água que compõem a urina.

- 03.** O olfato depende de receptores sensoriais que respondem à presença de certas moléculas na atmosfera. Nos humanos, estes quimiorreceptores estão localizados no epitélio olfatório – um pedaço de tecido do tamanho de um selo postal, localizado na cavidade nasal.

Esse tecido é recoberto de cílios e uma camada de muco. As moléculas gasosas são dissolvidas no muco e, então, interagem com os receptores. Isto ativa uma enzima que desencadeia um processo que gera um impulso elétrico que é transmitido pelos nervos olfatórios até o cérebro, que, computando outros estímulos sensoriais, interpreta o impulso como um odor. O alho e a cebola, por exemplo, 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	

Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/quimiosensores.html>>

Acesso em: 01 fev. 2011 (Adaptação).

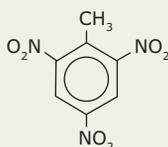
As substâncias que, possivelmente, são responsáveis pelos odores do alho e da cebola, está(ão) representada(s) pela(s) estrutura(s)

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

GABARITO

Fixação

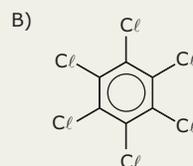
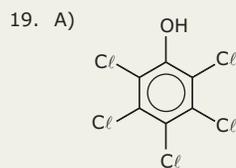
01. B
 02. Um dos possíveis compostos com essa fórmula é o 2,4,6-trinitrotolueno, cuja estrutura está representada a seguir:



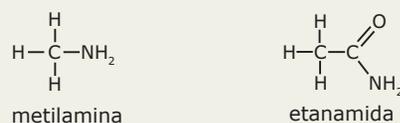
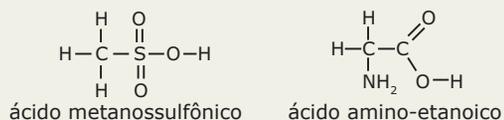
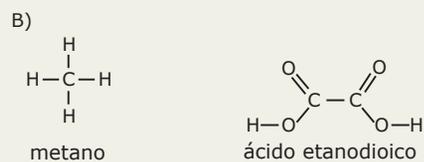
03. D
 04. B
 05. D

Propostos

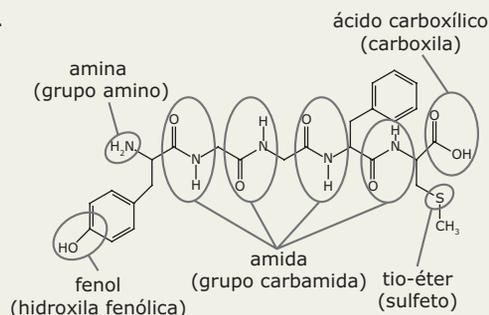
01. C
 02. D
 03. C
 04. D
 05. E
 06. D
 07. B
 08. B
 09. C
 10. $\text{CH}_3\text{-CH}_3 \Rightarrow$ etano $\text{CH}_3\text{-NH}_2 \Rightarrow$ metilamina
 $\text{CH}_3\text{-OH} \Rightarrow$ metanol $\text{CH}_3\text{COOH} \Rightarrow$ ácido etanoico
 11. B
 12. A
 13. A
 14. B
 15. E
 16. D
 17. A) $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$
 B) éster
 C) cloreto de etanoíla e ácido *o*-hidróxi-benzoico
 18. C



20. E
 21. A) I. Insaturado e aromático
 II. Insaturado e alifático
 B) I. 1-bromo-4-clorobenzeno
 II. 1-butino
 22. A
 23. A) C, H, O, S e N



24. D
 25.



26. B

Seção Enem

01. C 02. A 03. B

QUÍMICA

Isomeria plana

MÓDULO
12

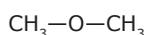
FRENTE
D

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:



etanol



metoximetano

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.

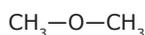
Isomeria de função: Os isômeros possuem grupos funcionais diferentes.

Os principais pares de isômeros funcionais são:

- Álcoois e éteres

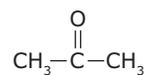


etanol

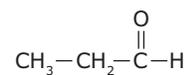


metoximetano

- Aldeídos e cetonas

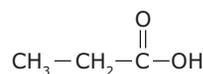


propanona

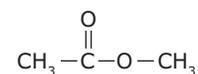


propanal

- Ácidos carboxílicos e ésteres



ácido propanoico



etanoato de metila

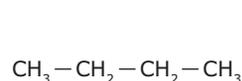
Isomeria de cadeia

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

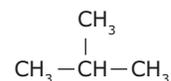
Isomeria de cadeia: Os isômeros pertencem à mesma função e têm cadeias carbônicas diferentes.

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.

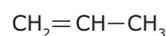


butano



2-metilpropano

- Toda cadeia carbônica aberta, insaturada (com uma ligação dupla), com três ou mais carbonos, possui um isômero de cadeia fechada e saturada.

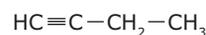


propeno



ciclopropano

- 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.



but-1-ino



ciclobuteno

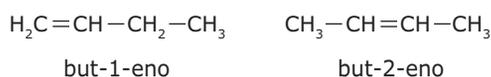
Isomeria de posição

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.

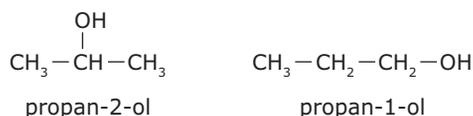
Isomeria de posição: Os isômeros pertencem à mesma função, têm cadeias iguais e diferentes localizações de insaturações, grupos funcionais ou ramificações.

Exemplos:

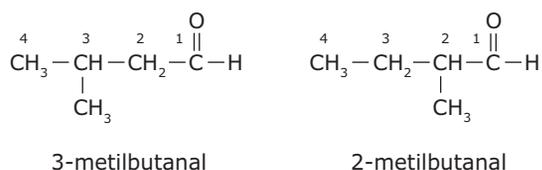
1. Posição de uma insaturação:



2. Posição de um grupo funcional:



3. Posição de uma ramificação:

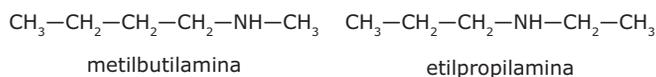


Isomeria de compensação ou metameria

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).

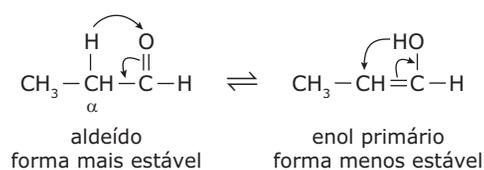
Isomeria plana dinâmica ou tautomeria

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.

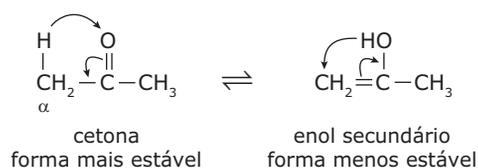
A tautomeria também é chamada de isomeria dinâmica, pois os isômeros são convertidos um no outro indefinidamente, estabelecendo um estado de equilíbrio. Os isômeros que realizam a tautomeria são denominados tautômeros. Nesse equilíbrio, o tautômero mais estável é aquele que se encontra em maior concentração.

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 α , não se observa o fenômeno da tautomeria.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01. (UFLA-MG) Qual das substâncias a seguir é isômero do dietil éter (ou éter etílico)?

- A) Butan-1-ol (ou 1-butanol)
- B) Propan-2-ona (ou 2-propanona)
- C) Etanol
- D) Propanal
- E) Fenol

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

- A) 3-pentanona, metil-butanona e pentanal.
- B) 3-pentanona, metil-butanona e 2-pentanol.
- C) 3-pentanona, etil-butanona e 2-pentanol.
- D) 1-pentanona, etil-butanona e pentanal.
- E) 1-pentanona, ciclopentanona e 2-pentanol.

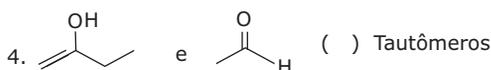
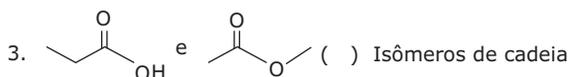
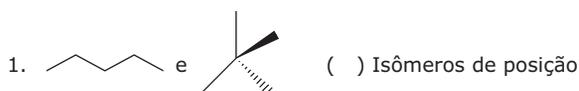
03. (UFPI) Dados os pares de compostos:

- I. metil-n-propilamina e dietilamina
- II. 1-propanol e 2-propanol
- III. ácido butanoico e ácido metil-propanoico
- IV. propanoato de metila e etanoato de etila

Temos exemplos de metameria (ou isomeria de compensação) em

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

04. (FCMMG) 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.
- B) 2; 1; 3; 4.
- C) 2; 3; 1; 4.
- D) 2; 3; 4; 1.

05. (UFLA-MG)

- 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.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

01. (PUC Minas) Observe os compostos a seguir:

- I. Álcool etílico
- II. Propanal
- III. Ácido propanoico
- IV. Éter dimetílico
- V. Metilbutano
- VI. Butano

Formam pares de isômeros

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

02. (ITA-SP) Um alcano pode ser isômero de

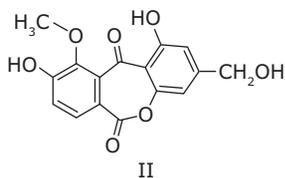
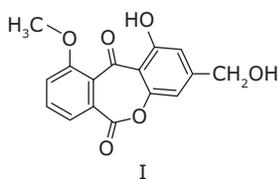
- A) um alceno com o mesmo número de átomos de carbono.
- B) um cicloalcano com a mesma fórmula estrutural.
- C) outro alceno de mesma fórmula molecular.
- D) um alcino com apenas uma ligação tripla.
- E) um alcadieno com o mesmo número de átomos de hidrogênio.

- 03.** (UFES–2007) A cafeína é um composto químico classificado como alcaloide do grupo das xantinas. Entre o grupo das xantinas incluem-se a teofilina, presente nas folhas do chá (*Camellia sinensis*), e a teobromina, encontrada no chocolate.



A respeito dos compostos citados, é **CORRETO** afirmar que

- A) os três são isômeros.
 B) os três são aminas heterocíclicas aromáticas.
 C) a teobromina contém 33,7% de nitrogênio.
 D) em 100 mL de uma solução de cafeína 0,10 mol.L⁻¹, há 1,80 g de cafeína.
 E) a teofilina possui quatro átomos de carbono com geometria trigonal planar.
- 04.** (UFV-MG–2009) Em um estudo para a busca de compostos com atividade inseticida, foram isoladas do fungo *Aspergillus versicolor* as substâncias I e II seguintes. Entretanto, somente a substância II apresentou atividade inseticida, sendo a substância I inativa, sob as condições de ensaio empregadas.



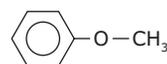
É **CORRETO** afirmar que I e II

- A) possuem o mesmo número de ligações π.
 B) são isômeros constitucionais.
 C) possuem três átomos de carbono com hibridação sp³.
 D) possuem a mesma fórmula molecular.

- 05.** (FGV-SP) O alcano e o álcool mais simples que apresentam isomeria são

- A) metano e metanol.
 B) etano e butanol.
 C) propano e butanol.
 D) butano e butanol.
 E) butano e propanol.

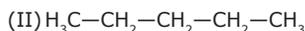
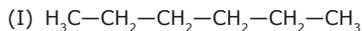
- 06.** (FEPECS-DF–2007) O anisol apresenta odor semelhante ao da planta que produz o anis (erva-doce) e tem a seguinte fórmula estrutural:



O nome de um isômero funcional do anisol é

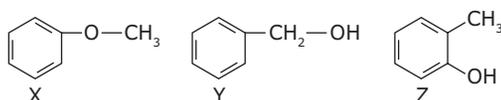
- A) fenil metilcetona.
 B) metóxi benzeno.
 C) benzil metanol.
 D) fenil metanol.
 E) aldeído benzílico.
- 07.** (PUC Minas) O acetato de etila (etanoato de etila) é um líquido incolor, volátil, pouco solúvel em água e solúvel em álcool e éter. É empregado em alimentos como essência artificial de maçã. Dos compostos a seguir, é seu isômero funcional
- A) CH₃CH₂CH₂CHO
 B) CH₃CH₂COCH₃
 C) CH₃CH₂CH₂COOH
 D)  COOH
 E) CH₃COCOCH₃
- 08.** (UNESP–2007) Uma das principais frações obtidas nas colunas de destilação de uma refinaria de petróleo é aquela correspondente à gasolina. Essa fração é uma mistura composta de hidrocarbonetos C₅ – C₁₀ com faixa de ebulição de 38 a 177 °C. Para assegurar o funcionamento correto do motor de combustão interna, a gasolina tem que ter volatilidade (facilidade de vaporização) adequada, o que é obtido pela mistura de hidrocarbonetos convenientes. Sabe-se que um dos fatores que influem nos pontos de ebulição dos hidrocarbonetos é a massa molar.

Considere dois componentes da gasolina, hidrocarbonetos (I) e (II), cujas fórmulas estruturais estão representadas a seguir.



IDENTIFIQUE o hidrocarboneto que contribui para tornar mais volátil a gasolina, justificando sua resposta, e **REPRESENTE** a fórmula estrutural de um isômero de cadeia do hidrocarboneto (II).

- 09.** (PUC RS) Com a fórmula molecular $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$, existem vários compostos aromáticos, por exemplo,

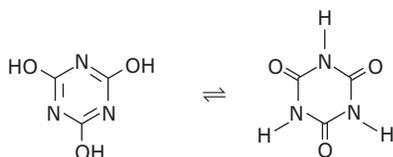


Considerando os compostos anteriores, afirma-se que

- I. X pertence à função química éter.
- II. Y apresenta cadeia carbônica heterogênea.
- III. Z apresenta isômeros de posição.
- IV. X, Y e Z apresentam em comum o grupo benzila.

Pela análise das afirmativas, conclui-se que somente estão **CORRETAS**

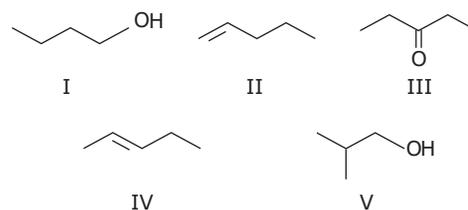
- A) I e II.
 - B) I e III.
 - C) II e IV.
 - D) I, III e IV.
 - E) II, III e IV.
- 10.** (UERJ-2010) O ácido cianúrico é um agente estabilizante do cloro usado como desinfetante no tratamento da água. Esse ácido pode ser representado pelas duas fórmulas estruturais a seguir:



Em relação à isomeria, essas duas estruturas representam compostos classificados como

- A) oligômeros.
- B) tautômeros.
- C) estereoisômeros.
- D) diastereoisômeros.

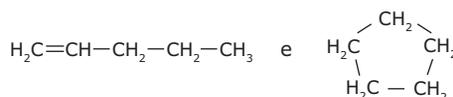
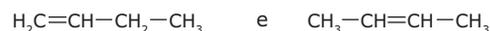
- 11.** (FCMMG) Dadas as seguintes substâncias:



Podemos afirmar que

- A) I e III são isômeros de compensação.
- B) I e V são isômeros de cadeia.
- C) II e IV são isômeros cis-trans.
- D) III e V são isômeros funcionais.

- 12.** (UFU-MG) Assinale o item em que se encontram, respectivamente, os tipos de isomeria para os pares de fórmulas estruturais condensadas.



- A) Posição, tautomeria, função, cadeia
- B) Posição, cadeia, função, tautomeria
- C) Função, tautomeria, posição, cadeia
- D) Função, cadeia, posição, tautomeria
- E) Cadeia, função, tautomeria, posição

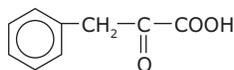
- 13.** (UEM-PR-2007) Assinale a alternativa **INCORRETA**.

- A) Os compostos n-hexano, 2,3-dimetil-butano e 2-metil-pentano são isômeros de cadeia e representam um caso de isomeria plana.
- B) Metil n-propilamina e dietilamina são isômeros de compensação.
- C) Isomeria espacial é aquela em que os compostos têm a mesma fórmula plana, mas estruturas espaciais diferentes.
- D) Um ácido carboxílico e um éster podem ser isômeros de função.
- E) O metóxi-benzeno e *orto*-etil-fenol são isômeros funcionais.

- 14.** (IME-RJ-2007) Quantos isômeros existem para o dicloro fenol?
- A) 3
B) 4
C) 5
D) 6
E) 7
- 15.** (UEG) Após sofrer combustão a 150 °C e 0,5 L, um composto gasoso, constituído de H, C e N, produziu 1,5 L de gás carbônico, 2,25 L de água no estado gasoso e 0,25 L de gás nitrogênio. Os volumes foram medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão. Com base nessas informações, responda aos itens a seguir:
- A) **DETERMINE** a fórmula molecular do composto.
B) **ESCREVA** a fórmula estrutural plana de três isômeros constitucionais possíveis para esse composto e **DÊ** a nomenclatura IUPAC.

SEÇÃO ENEM

- 01.** A fenilcetonúria é uma doença que, se não for identificada a tempo, pode causar retardamento mental. Vários testes podem ser utilizados para diagnosticar a doença. Entre eles, podemos citar o "teste do pezinho" e o teste da fralda molhada de urina. Neste último teste, adicionamos algumas gotas de solução diluída de cloreto férrico (FeCl_3) na fralda e, dependendo da coloração obtida, identifica-se a presença do ácido fenilpirúvico (ácido 2-ceto-3-fenil-propanoico), cuja fórmula estrutural é:



O ácido fenilpirúvico apresenta

- A) apenas um isômero tautômero.
B) dois isômeros que são ésteres.
C) apenas um isômero de posição.
D) apenas dois isômeros planos.
E) quatro isômeros metaméricos.

GABARITO

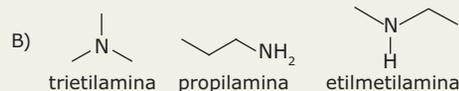
Fixação

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

Propostos

01. A
02. C
03. B
04. A
05. E
06. D
07. C
08. O hidrocarboneto II, já que apresenta menor massa molar.
Isômero:
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$

09. B
10. B
11. B
12. C
13. E
14. D
15. A) $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}$



Seção Enem

01. A

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Elementos representativos

Elementos de transição externa

Elementos de transição interna

Elementos representativos

Legenda

- Hidrogênio
- Não metais
- Gases nobres
- Metais
- Lantanídeos
- Actinídeos
- Líquidos
- Gasosos naturais
- Gasosos artificiais
- Sólidos naturais
- Sólidos artificiais

DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA
(energia cresce)

nível (ou camada) K L M N O P Q

n° de elétrons permitidos 2 8 18 32 32 18 2

Tabela Periódica da IUPAC. Disponível em: <www.iupac.org/reports/periodic_table. Acesso em: 22 jun. 2007 (Adaptação).>

PROPRIEDADES GERAIS DAS SUBSTÂNCIAS

	Iônica	Molecular	Covalente	Metálica
Unidades	cátions e ânions	moléculas	átomos	cátions metálicos
Exemplos	NaCl, MgO, CaCO ₃	H ₂ O, I ₂ , CO ₂	diamante, quartzo, grafita	Na, Mg, Fe
Forças de coesão entre as unidades	atração eletrostática (ligação iônica)	interações intermoleculares	ligações covalentes	atração eletrostática entre os cátions metálicos e o mar de elétrons livres (ligação metálica)
Dureza	duras, porém quebradiças	macias	muito duras (exceto a grafita)	de macias a duras, maleáveis
Ponto de Fusão	alto	baixo	muito alto	de baixo a alto
Condutividade elétrica	alta quando fundidas ou em soluções aquosas	quase nula	quase nula (exceto a grafita)	alta
Solubilidade em água dos compostos sólidos	em geral, são solúveis	moléculas polares geralmente são solúveis	insolúveis	insolúveis

SOLUBILIDADE DOS SAIS EM ÁGUA

Substância	Regra geral	Exceção
Nitratos ⇒ NO ₃ ⁻	Solúveis	
Acetatos ⇒ CH ₃ COO ⁻	Solúveis	Ag ⁺ (*)
Cloreto ⇒ Cl ⁻ Brometos ⇒ Br ⁻ Iodetos ⇒ I ⁻	Solúveis	Ag ⁺ , Hg ₂ ²⁺ e Pb ²⁺
Fluoretos ⇒ F ⁻	Insolúveis	Ag ⁺ , NH ₄ ⁺ e alcalinos
Hidróxidos ⇒ OH ⁻	Insolúveis	Alcalinos, NH ₄ ⁺ , Ca ²⁺ (*), Sr ²⁺ (*) e Ba ²⁺ (*)
Sulfetos ⇒ S ²⁻	Insolúveis	NH ₄ ⁺ , alcalinos e alcalinoterrosos(*)
Sulfatos ⇒ SO ₄ ²⁻	Solúveis	Ca ²⁺ (*), Sr ²⁺ (*), Ba ²⁺ (*), Pb ²⁺ , Ag ⁺ (*) e Hg ₂ ²⁺
Fosfatos ⇒ PO ₄ ³⁻ Carbonatos ⇒ CO ₃ ²⁻ Sulfitos ⇒ SO ₃ ²⁻ Oxalatos ⇒ C ₂ O ₄ ²⁻	Insolúveis	NH ₄ ⁺ e alcalinos
Compostos de alcalinos Compostos de amônio	Solúveis	KC ₂ O ₄

(*) = Parcialmente solúvel

FILA DE REATIVIDADE

ordem decrescente

METAIS Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Cd, Co, Fe, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Ag, Hg, Pt, Au
NÃO METAIS F, Cl, Br, I, S metais nobres

ESCALA DE ELETRONEGATIVIDADE

F O N C/ Br I S C Au Se Pt Ru Rh Pd At Os Ir P H Te As B Po
4,0 3,5 3,0 3,0 2,8 2,5 2,5 2,5 2,4 2,4 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,2 2,1 2,1 2,1 2,0 2,0 2,0

ordem decrescente

NOMENCLATURA DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

Prefixo		Infixo	Sufixo
Número de carbonos na cadeia principal		Tipo de ligação entre carbonos	Função a que o composto pertence
Nº de carbonos	Prefixo	Tipo de ligação	Funções
1 C → met	11 C → undec	saturada → an	hidrocarbonetos → o
2 C → et	12 C → dodec	insaturadas entre carbonos:	álcoois → ol
3 C → prop	13 C → tridec		éter → ilico (usual)
4 C → but	15 C → pentadec	1 dupla → en	aldeído → al
5 C → pent	20 C → icos	1 tripla → in	cetona → ona
6 C → hex	30 C → triacont		ácidos carboxílicos → oico
7 C → hept	40 C → tetracont	2 duplas → adien	amina → amina
8 C → oct	50 C → pentacont	2 triplas → adiin	amida → amida
9 C → non	80 C → octacont		nitrila → nitrila
10 C → dec	100 C → hect	1 dupla e 1 tripla → enin	anidrido → oico

Se o composto for cíclico, receberá o prenome → ciclo

NOMENCLATURA DOS COMPOSTOS INORGÂNICOS

Ácidos

Hidrácidos:

ácido (nome do ânion menos -eto) + ídrico
Cl^- → ânion cloroeto HCl → ácido clorídrico

Oxiácidos:

A) Quando o elemento forma um único oxiácido:

ácido (nome do ânion menos -ato) + ico
CO_3^{2-} → ânion carbonato H_2CO_3 → ácido carbônico

B) Quando o elemento forma mais de um oxiácido (NOx variável):

quando o NOx for igual a +7	ácido per (nome do ânion menos -ato) + ico
ClO_4^- → ânion perclorato	$HClO_4$ → ácido perclórico

quando o NOx for igual a +6 ou +5	ácido (nome do ânion menos -ato) + ico
ClO_3^- → ânion clorato	$HClO_3$ → ácido clórico (NOx = +5)
SO_4^{2-} → ânion sulfato	H_2SO_4 → ácido sulfúrico (NOx = +6)

quando o NOx for igual a +4 ou +3	ácido (nome do ânion menos -ito) + oso
ClO_2^- → ânion clorito	$HClO_2$ → ácido cloroso (NOx = +3)
SO_3^{2-} → ânion sulfito	H_2SO_3 → ácido sulfuroso (NOx = +4)

quando o NOx for igual a +1	ácido hipo (nome do ânion menos -ito) + oso
ClO^- → ânion hipoclorito	$HClO$ → ácido hipocloroso

Bases

hidróxido de (nome do elemento)
$Mg(OH)_2$ → hidróxido de magnésio
Quando o elemento apresenta mais de um NOx, devemos utilizar a notação de Stock:
$AuOH$ → hidróxido de ouro (I)
$Au(OH)_3$ → hidróxido de ouro (III)

Óxidos

A) Quando o elemento forma apenas um óxido (NOx fixo):

óxido de (nome do elemento)
CaO → óxido de cálcio

B) Quando o elemento forma dois ou mais óxidos (NOx variável):

Sistemática (prefixos gregos)
FeO → monóxido de monoferro ou óxido de ferro
Fe_2O_3 → trióxido de diferro

Notação de Stock (NOx - Algarismos romanos)

Essa notação é útil quando se quer especificar o estado de oxidação do elemento.
 Fe_2O_3 → óxido de ferro (III)
 FeO → óxido de ferro (II)
 - O prefixo mono pode ser omitido antes do nome do elemento e, algumas vezes, também antes da palavra óxido, desde que não resulte em ambiguidade. Isso também pode ocorrer com os demais prefixos.

Sais normais

(nome do ânion) de (nome do cátion)
K_2CO_3 → carbonato de potássio
$Mg(C_2O_4)_2$ → clorato de magnésio
Para elementos que apresentam mais de um NOx, utilize a notação de Stock:
$FeSO_4$ → sulfato de ferro (II)
$Fe_2(SO_4)_3$ → sulfato de ferro (III)

Hidrogeno-Sais

Adição do prefixo hidrogeno ao nome do sal normal, acrescido dos prefixos mono, di, tri, etc.

$NaHCO_3$ → (mono)hidrogenocarbonato de sódio
KH_2PO_4 → di-hidrogenofosfato de potássio

Hidroxi-Sais

Adição do prefixo hidroxí ao nome do sal normal, acrescido dos prefixos mono, di e tri.

$Cu_2(OH)_2Cl$ → tri-hidroxícloreto de cobre (II)

Sais duplos e triplôs

Em geral, os cátions são colocados da esquerda para a direita, em ordem decrescente de eletronegatividade.
$KNaSO_4$ → sulfato (duplo) de potássio e sódio
$PbClF$ → cloro-fluoreto de chumbo (II)
$Cs_2CuPb(NO_3)_6$ → nitrato (tríplo) de céscio, cobre (II) e chumbo (II)

NOX USUAIS

Elementos	NOx	Ocorrência	Exemplos
IA(1) ⇒ Metais alcalinos: Li, Na, K, Rb, Cs e Fr	+1	Substâncias compostas	$K_2Cr_2O_7$ $NaCl$ KOH
IIA(2) ⇒ Metais alcalino-terrosos: Be, Mg, Ca, Sr, Ba e Ra	+2	Substâncias compostas	CaO $BeCl_2$ $BaSO_4$
VIA(16) ⇒ Calcogênios: S, Se e Te	-2	Substâncias binárias em que o calcogênio é o elemento mais eletronegativo	H_2S CS_2 CaS
VIIA(17) ⇒ Halogênios: F, Cl, Br e I	-1	Substâncias binárias em que o halogênio é o elemento mais eletronegativo	OF_2 $NaCl$ HCl
Ag ⇒ Prata	+1	Substâncias compostas	$AgNO_3$ $AgCl$ $AgCN$
Zn ⇒ Zinco	+2	Substâncias compostas	$Zn(OH)_2$ $ZnCl_2$ ZnO
Al ⇒ Alumínio	+3	Substâncias compostas	Al_2S_3 $AlCl_3$ $Al_2(SO_4)_3$
H ⇒ Hidrogênio	+1	Substâncias compostas em que o hidrogênio é o elemento menos eletronegativo	H_2O NH_3 H_2SO_4
	-1	Substâncias compostas em que o hidrogênio é o elemento mais eletronegativo	SiH_4 CaH_2
O ⇒ Oxigênio	+2	Em fluoretos	OF_2
	+1	Em fluoretos	O_2F_2
	-1	Em peróxidos (compostos binários)	H_2O_2 Na_2O_2
	-½	Em superóxidos (compostos binários)	CaO_2 Na_2O_4
O ⇒ Oxigênio	-2	Em óxidos (compostos binários)	H_2O Na_2O
	-2	Excetuando-se os casos anteriores	$K_2Cr_2O_7$ $KMnO_4$ H_2SO_4

GEOMETRIA DAS MOLÉCULAS

Nº de átomos que se ligam	Geometria molecular	Forma da molécula	Ângulos	Exemplos
2	Linear		180°	HCl
3	Linear		180°	CO_2
	Angular (com presença de elétrons não ligantes no átomo central)		variável	H_2O
4	Trigonal plana		120°	$HCHO$
	Piramidal (com presença de um par de elétrons não ligantes no átomo central)		variável	NH_3
5	Tetraédrica		109°28'	CH_4
6	Bipirâmide trigonal		120° e 90°	PCl_5
7	Octaédrica		90°	SF_6
8	Bipirâmide pentagonal		72° e 90°	IF_7

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

NOx	Ânion	Nome
Halogênios		
-1	F^-	fluoreto
-1	Cl^-	cloroeto
-1	Br^-	brometo
-1	I^-	iodeto
+1	C_2O^-	hipoclorito
+3	ClO_2^-	clorito
+5	ClO_3^-	clorato
+7	ClO_4^-	perclorato
+1	BrO^-	hipobromito
+5	BrO_3^-	bromato
+1	IO^-	hipoiodito
+5	IO_3^-	iodato
+7	IO_4^-	periodato

Nitrogênio		
+3	NO_2^-	nitrito
+5	NO_3^-	nitrato

Carbono		
+2	CN^-	cianeto
+4	CNO^-	cianato
+4	CNS^-	tiocianato
-3 e +3	H_3CCOO^-	acetato
+3	CO_3^{2-}	carbonato
+4	HCO_3^-	bicarbonato
+3	$C_2O_4^{2-}$	oxalato

Enxofre		
-2	S^{2-}	sulfeto
+4	SO_3^{2-}	sulfito
+6	SO_4^{2-}	sulfato
+2	$S_2O_3^{2-}$	tiossulfato
+7	$S_2O_8^{2-}$	persulfato

Fósforo		
+1	$H_2PO_2^-$	hipofosfito
+3	HPO_3^{2-}	fosfito
+5	PO_4^{3-}	(orto)fosfato
+5	PO_3^-	metafosfato
+5	$P_2O_7^{4-}$	pirofosfato

Outros		
-1	H^-	hidreto
-2	O^{2-}	óxido
-1	O_2^{2-}	peróxido
-2	OH^-	hidróxido
+3	$Fe(CN)_6^{3-}$	ferricianeto
+2	$Fe(CN)_6^{4-}$	ferrocianeto
+6	CrO_4^{2-}	cromato
+6	$Cr_2O_7^{2-}$	dicromato
+7	MnO_4^-	permanganato
+6	MnO_4^{2-}	manganato
+4	MnO_2	manganito
+3	AlO_2^-	aluminato
+2	ZnO_2^{2-}	zinicato
+4	SiO_2^{2-}	metassilicato
+6	SiO_4^{2-}	(orto)silicato
+2	SnO_2	estânico
+4	SnO_3^{2-}	estanoato
+2	PbO_2	plumbito
+4	PbO_3^{2-}	plumbato
+3	AsO_3^{3-}	arsenito
+5	AsO_4^{3-}	arsenato
+3	SbO_3^{3-}	antimonito
+3	BO_3^{3-}	borato
+4	SiF_6^{2-}	fluorsilicato

Cátion	Nome
NH_4^+	amônio
H^+	hidrogênio
H_3O^+	hidroxônio
Al^{3+}	alumínio
Ba^{2+}	bário
Bi^{3+}	bismuto
Cd^{2+}	cádmio
Ca^{2+}	cálcio
Pb^{2+}	chumbo (II)
Pb^{4+}	chumbo (IV)
Co^{2+}	cobalto (II)
Co^{3+}	cobalto (III)
Cu^+	cobre (I)
Cu^{2+}	cobre (II)
Cr^{2+}	crômio (II)
Cr^{3+}	crômio (III)
Sn^{2+}	estanho (II)
Sn^{4+}	estanho (IV)
Fe^{2+}	ferro (II)
Fe^{3+}	ferro (III)
La^{3+}	lantânio
Li^+	lítio
Mn^{2+}	manganês (II)
Mn^{3+}	manganês (III)
Mn^{4+}	manganês (IV)
Hg_2^{2+}	mercúrio (I)
Hg^{2+}	mercúrio (II)
Ni^{2+}	níquel (II)
Ni^{3+}	níquel (III)
Au^+	ouro (I)
Au^{3+}	ouro (III)
Pt^{2+}	platina (II)
Pt^{4+}	platina (IV)
K^+	potássio
Ag^+	prata
Ra^{2+}	rádio
Rb^+	rubídio
Na^+	sódio
Ti^{4+}	titânio (IV)
Zn^{2+}	zinco