

## Leis das Reações Químicas e Teoria Atômica Clássica

Você alguma vez já se questionou sobre sua origem? Sim.

As perguntas mais naturais que surgem quando pensamos nesse assunto são as seguintes:

- De onde venho?
- Por que estou aqui?
- Para onde irei?
- Quem me originou? E para quê?
- De que sou feito?

É da natureza humana fazer tais questionamentos. As religiões procuram explicar as quatro primeiras perguntas. Já a ciência tenta explicar a última: de que somos feitos?

A resposta a essa pergunta se encontra em uma parte da Química que se chama constituição da matéria ou estrutura da matéria, que passaremos a estudar agora.

### MODELOS

Em ciência, um modelo é uma representação criada pelo homem, que procura retratar um fato ou um fenômeno.

Por exemplo, se uma pessoa lhe entregar uma caixa fechada, com um objeto dentro e lhe perguntar qual é esse objeto, o que você faria? Provavelmente, você agitaria a caixa para perceber o som produzido e a partir dele descreveria o objeto, seu formato, o tipo de material de que é feito, etc. Você acabou de criar um modelo que tenta retratar o que acontece.

Os modelos não são fixos. Com o passar do tempo, a ciência descobre novos fatos que irão completá-los, aperfeiçoá-los ou derrubá-los e, assim, criam-se novos modelos que expliquem com maior clareza tais fatos. Passaremos agora a estudar alguns modelos atômicos que tentam elucidar como é e como se comporta um átomo.

### MODELOS ATÔMICOS PRIMITIVOS

O filósofo grego Demócrito (460-370 a.C.) acreditava que, se um pedaço de metal fosse dividido em partes cada vez menores, acabaria chegando, no fim, a uma partícula microscópica que não poderia ser mais dividida, mas que ainda apresentaria as propriedades do metal. Essa partícula seria o "átomo", que em grego significa "indivisível".

Demócrito utilizou sua teoria atômica para explicar as propriedades físicas das substâncias. Para a maioria dos filósofos da época, a ideia de átomos era completamente absurda. Como poderia existir algo indivisível se, macroscopicamente, os materiais parecem contínuos?

Para alguns filósofos, entretanto, a ideia de átomos fazia sentido. Um deles foi Epicuro (341-271 a.C.), que fundou uma escola em Atenas. Esse filósofo era um mestre de grande renome e tinha muitos discípulos. A teoria atômica de Demócrito era parte de sua doutrina filosófica.

Platão (428-348 a.C.) e Aristóteles (384-322 a.C.) foram contra essa hipótese atômica e suas ideias prevaleceram durante séculos. Galileu Galilei (1564-1642) explicou o aparecimento de uma nova substância após uma reação química como sendo decorrente do rearranjo de partes muito pequenas para serem vistas.

Robert Boyle (1627-1691) orientou seu trabalho sobre gases e outros aspectos da Química naquilo que chamou de sua "filosofia corpuscular". Boyle estudou o ar e se perguntou por que era possível comprimi-lo, fazendo com que ocupasse menos espaço. Ele justificou esse comportamento afirmando que o ar era composto de partículas minúsculas que deixavam grandes quantidades de espaços vazios entre elas. Comprimir o gás faria com que as unidades estruturais se aproximassem, diminuindo, assim, tais espaços. Por volta do século XVIII, a maior parte das correntes iluministas rejeitava ou simplesmente ignorava a teoria atômica de Demócrito.



Robert Boyle.

### LEIS DAS REAÇÕES QUÍMICAS

#### Lei da Conservação da Matéria

O cientista francês Antoine Laurent Lavoisier realizou inúmeras experiências em que pesava os participantes antes e depois da reação química, e verificou que as massas permaneciam inalteradas quando tal reação ocorria em sistema fechado. Com base nesses experimentos, em 1774, enunciou a seguinte lei:

Em uma reação química, a soma das massas dos reagentes é sempre igual à soma das massas dos produtos.

Essa lei, também chamada de Lei de Lavoisier, é inclusive enunciada de modo mais amplo.

Na natureza, nada se cria e nada se perde. Tudo se transforma.



Jacques-Louis David / Domínio Público

Antoine Lavoisier.

## Lei das Proporções Definidas

O cientista francês Joseph Louis Proust também realizou cuidadosas investigações sobre o tipo e a quantidade de elementos presentes em diversas substâncias compostas, e chegou a uma importante generalização, em 1797, que é conhecida como Lei de Proust:

Uma mesma substância composta possui sempre a mesma composição qualitativa e quantitativa, independentemente de seu histórico.

A Lei de Proust, posteriormente, foi estendida a qualquer reação química:

Em uma dada reação química, há uma relação fixa entre as massas das substâncias participantes.

Essa lei é a base do cálculo estequiométrico e da utilização de fórmulas e equações químicas tão comuns na Ciência Moderna.

## Lei das Proporções Múltiplas

Depois de ter sido esclarecido que duas ou mais substâncias simples podem se combinar em proporções diferentes, originando compostos diferentes, o cientista inglês John Dalton notou que, se fosse fixada a massa de uma das substâncias, as massas das outras guardariam entre si uma relação de números inteiros e pequenos. Em 1803, esse cientista formulou a seguinte hipótese, que é também conhecida como Lei de Dalton:

Quando dois elementos distintos formam duas ou mais substâncias compostas diferentes, se a massa de um deles permanecer fixa, a do outro irá variar em uma relação de números inteiros e pequenos.

## EXERCÍCIO RESOLVIDO

01. (UNIFESP) Iodo e flúor formam uma série de compostos binários que apresentam em suas análises as seguintes composições:

Composto	% massa de iodo	% massa de flúor
A	87,0	13,0
B	69,0	31,0
C	57,0	43,0

- A) Qual a conclusão que pode ser extraída desses resultados com relação às massas de flúor que se combinam com uma certa massa fixa de iodo? Demonstrar essa conclusão.
- B) É possível deduzir, usando apenas os dados fornecidos para o composto A, que sua fórmula mínima é IF? Justificar sua resposta.

### Resolução:

- A) Ao fixarmos a massa de iodo do composto C como referência podemos calcular as massas de flúor presente em cada um dos compostos.

- Composto A

87 g de iodo — 13 g de flúor

57 g de iodo — x

$$x = 8,5 \text{ g}$$

- Composto B

69 g de iodo — 31 g de flúor

57 g de iodo — y

$$y = 25,6 \text{ g}$$

Dessa forma, a relação entre as massas pode ser observada ao dividirmos os valores encontrados por 8,5 g.

- Composto A:

$$\frac{8,5 \text{ g}}{8,5 \text{ g}} = 1$$

- Composto B:

$$\frac{25,6 \text{ g}}{8,5 \text{ g}} = 3$$

- Composto C:

$$\frac{43 \text{ g}}{8,5 \text{ g}} = 5$$

Logo, as massas de flúor que combinam com uma massa de iodo apresentam entre si uma relação de números inteiros igual a 1 : 3 : 5.

- B) Não é possível que a fórmula química do composto A seja deduzida somente a partir dos dados fornecidos na tabela para esse composto. Para tal dedução, seria indispensável o conhecimento das massas atômicas dos elementos flúor e iodo.

## MODELO ATÔMICO DE DALTON

Durante séculos, a ideia de átomos foi deixada de lado. Porém, no século XIX, o inglês John Dalton, a partir de experiências com reações químicas, retoma o modelo de Demócrito e incrementa o conceito de átomo.

Os seis postulados a seguir resumem o trabalho científico de John Dalton, denominado "Teoria Atômica", publicado em 1803.

**1º Postulado:** A matéria é formada por átomos indivisíveis e indestrutíveis.

Dalton relacionou a existência de substâncias simples que não podiam ser decompostas às ideias de indivisibilidade e indestrutibilidade dos átomos. Hoje em dia, apesar de a crença atomística persistir, essas ideias não mais fazem parte do modelo atômico atual.

**2º Postulado:** Todos os átomos de um determinado elemento são idênticos quanto às suas massas e às suas propriedades químicas.

Para o cientista, a identidade química dos átomos estava relacionada à massa. Atualmente, sabemos que átomos do mesmo elemento devem ser idênticos apenas quanto ao número atômico e quanto às propriedades químicas.

**3º Postulado:** Átomos de elementos diferentes possuem massas e propriedades diferentes.

Na atualidade, sabe-se que átomos de elementos diferentes, ainda que apresentem propriedades diferentes, podem ter o mesmo número de massa.

**4º Postulado:** Átomos de elementos diferentes se combinam em uma proporção fixa para originar determinado composto químico.

Tal postulado é, ainda hoje, aceito para a maioria dos compostos conhecidos. É bastante nítida a relação entre ele e a Lei das Proporções Definidas de Proust.

**5º Postulado:** Durante as reações químicas, átomos não são criados nem destruídos, mas apenas rearranjados, formando novas substâncias.

Nas transformações químicas dos materiais, realmente, não há alteração na identidade química dos átomos. Assim, podemos dizer que esse postulado também é aceito nos dias de hoje.

**6º Postulado:** Átomos de certo elemento químico não podem se converter em átomos de outro elemento.

Dalton baseou sua teoria atômica no comportamento da matéria durante reações químicas. Não conhecia, portanto, as reações nucleares, em que ocorre transmutação (natural ou artificial) de átomos.



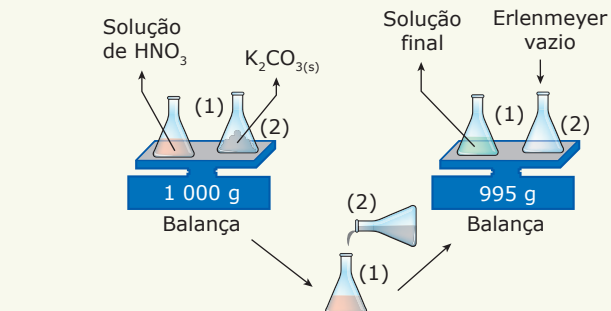
John Dalton.

Joseph William Allen / Domínio Público

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



**01.** (PUC-SP) Querendo verificar a Lei da Conservação das Massas (Lei de Lavoisier), um estudante realizou a experiência esquematizada a seguir:



Terminada a reação, o estudante verificou que a massa final era menor que a massa inicial. Assinale a alternativa que explica o ocorrido.

- A) A Lei de Lavoisier só é válida nas condições normais de temperatura e de pressão.  
 B) A Lei de Lavoisier não é válida para reações em solução aquosa.  
 C) De acordo com a Lei de Lavoisier, a massa dos produtos é igual à massa dos reagentes, quando estes se encontram no mesmo estado físico.  
 D) Para que se verifique a Lei de Lavoisier, é necessário que o sistema seja fechado, o que não ocorreu na experiência realizada.

**02.** (PUC-Campinas-SP) Em três experimentos sobre a combustão do carvão,  $C_{(s)}$ , foram obtidos os seguintes resultados:

Experimento	Reagentes		Produtos	
	$C_{(s)}$	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	Sobrou sem reagir
I	12 g	32 g	44 g	---
II	18 g	48 g	66 g	---
III	24 g	70 g	88 g	6 g de oxigênio
IV	40 g	96 g	132 g	4 g de oxigênio

Os experimentos que seguem a Lei de Lavoisier são:

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

**03.** (UFRN) No final do século XVIII, o cientista francês Antoine-Laurent de Lavoisier, considerado o "pai da química moderna" escreveu:

"Podemos afirmar, como um axioma incontestável, que, em todas as operações da arte e da natureza, nada é criado; uma quantidade igual de matéria existe antes e depois do experimento; a qualidade e a quantidade dos elementos permanecem precisamente as mesmas; e nada ocorre além de mudanças e modificações na combinação desses elementos. Desse princípio depende toda a arte de realizar experimentos químicos. Devemos sempre supor uma exata igualdade entre os elementos do corpo examinado e aqueles dos produtos de sua análise".

LAVOISIER, 1790, p. 130-131.



LAVOISIER. Disponível em: <[www.wikipedia.com.br](http://www.wikipedia.com.br)>. Acesso em: 06 jul. 2010.

A Lei, à qual Lavoisier faz referência no texto, constitui um fundamento essencial para se compreender e representar as reações químicas. Essa Lei é conhecida como

- A) Lei das Proporções Múltiplas.
- B) Lei da Conservação de Energia.
- C) Lei da Conservação das Massas.
- D) Lei das Proporções Volumétricas.

**04.** (Unemat-MT) Se 3 g de carbono se combinam com 8 g de oxigênio para formar gás carbônico, 6 g de carbono combinar-se-ão com 16 g de oxigênio para formar este mesmo composto.

Essa afirmação está baseada na lei de:

- A) Lavoisier – conservação da massa.
- B) Dalton – proporções definidas.
- C) Richter – proporções recíprocas.
- D) Gay-Lussac – transformação isobárica.
- E) Proust – proporções constantes.

**05.** (UFTM-MG) Indique, para as leis ponderais, a alternativa incorreta.

- A) As massas de um elemento químico, que se combinam com uma massa fixa de um segundo elemento para formar compostos diferentes, estão entre si numa proporção de números inteiros, em geral pequenos.
- B) Diferentes amostras de uma mesma substância contêm proporções idênticas dos elementos que a constituem.
- C) Quando as massas de dois elementos, que reagem com a mesma massa de um terceiro elemento, reagirem entre si, elas o farão na mesma proporção das massas anteriores (ou múltiplos ou submúltiplos simples dessa relação).
- D) Quando dois elementos se unem para formar um composto, a razão entre as massas que se combinam é sempre uma razão de números inteiros e pequenos.
- E) A massa total de um sistema fechado não varia, qualquer que seja a reação química que aí se verifique.

**06.** (FACISB) O modelo atômico que considera como elemento químico o conjunto de partículas maciças, indestrutíveis, de mesma massa e sem a presença de cargas elétricas é o de

- A) Dalton.
- B) Rutherford.
- C) Demócrito.
- D) Bohr.
- E) Thomson.

**07.** (Unimontes-MG) A busca da simplicidade dentro da complexidade da natureza levou John Dalton a propor o seu modelo de átomo, tendo como base as razões das massas dos elementos que se combinaram para formar compostos.

A hipótese atômica que contraria o modelo proposto por Dalton é:

- A) Uma transformação resulta em novos átomos.
- B) Os átomos de um mesmo elemento são idênticos.
- C) Átomos diferentes apresentam massas diferentes.
- D) Um composto resulta da combinação de átomos.

**08.** (UFU-MG) Podemos considerar que Dalton foi o primeiro cientista a formalizar, do ponto de vista quantitativo, a existência dos átomos.

Com base na evolução teórica e considerando os postulados de Dalton citados a seguir, marque a única alternativa considerada correta nos dias atuais.

- A) Os átomos de um elemento são todos idênticos.
- B) Uma substância elementar pode ser subdividida até se conseguirem partículas indivisíveis chamadas átomos.
- C) Dois ou mais átomos podem combinar-se de diferentes maneiras para formar mais de um tipo de composto.
- D) É impossível criar ou destruir um átomo de um elemento químico.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (Unesp) A Lei da Conservação da Massa, enunciada por Lavoisier em 1774, é uma das leis mais importantes das transformações químicas. Ela estabelece que, durante uma transformação química, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. Essa teoria pôde ser explicada, alguns anos mais tarde, pelo modelo atômico de Dalton. Entre as ideias de Dalton, a que oferece a explicação mais apropriada para a Lei da Conservação da Massa de Lavoisier é a de que

- A) os átomos não são criados, destruídos ou convertidos em outros átomos durante uma transformação química.
- B) os átomos são constituídos por 3 partículas fundamentais: prótons, nêutrons e elétrons.
- C) todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos de caracterização.
- D) um elétron em um átomo pode ter somente certas quantidades específicas de energia.
- E) toda a matéria é composta por átomos.

**02.** (UECE) Em um laboratório de química, realizou-se a combustão de 10 g de palha de aço em um recipiente aberto e, após sua queima, a massa resultante obtida foi de 10,9 g. Assinale a única opção que explica corretamente por que esse valor obtido não invalida a Lei da Conservação das Massas.

- A) Como, após a queima, a massa resultante deveria ser de 10 g, deve ter ocorrido um erro durante a pesagem.
- B) Na combustão, o ferro reage com o oxigênio do ar, formando óxido, com 0,9 g a mais; esse acréscimo deve-se apenas à massa do oxigênio do ar que foi fixado na formação do óxido.
- C) Não invalida a lei, porque a massa resultante de 10,9 g é normal, por estar dentro da margem de erro em uma pesagem, que é de 10%.
- D) Como a combustão foi realizada em um recipiente aberto, impurezas contidas na atmosfera misturaram-se à massa resultante.

- 03.** 4,0 g de cálcio adicionados a 22,0 g de bromo fornecem 20,0 g de brometo de cálcio ao lado de 6,0 g de bromo em excesso. Em uma segunda experiência, 1,6 g de cálcio são adicionados a 4,8 g de bromo. Determine
- A) a massa de brometo de cálcio obtida.
- B) a massa e a natureza do reagente em excesso.

- 04.** (UEFS-BA) Com objetivo de comprovar a Lei de Conservação das Massas em uma reação química – Lei de Lavoisier –, um béquer de 125,0 mL, contendo uma solução diluída de ácido sulfúrico,  $H_2SO_{4(aq)}$ , foi pesado juntamente com um vidro de relógio, contendo pequena quantidade de carbonato de potássio,  $K_2CO_{3(s)}$ , que, em seguida, foi adicionado à solução ácida. Terminada a reação, o béquer com a solução e o vidro de relógio vazio foram pesados, verificando-se que a massa final, no experimento, foi menor que a massa inicial.

Considerando-se a realização desse experimento, a conclusão correta para a diferença verificada entre as massas final e inicial é

- A) a Lei de Lavoisier não é válida para reações realizadas em soluções aquosas.
- B) a Lei de Lavoisier só se aplica a sistemas que estejam nas condições normais de temperatura e de pressão.
- C) a condição para a comprovação da Lei de Conservação das Massas é que o sistema em estudo esteja fechado.
- D) o excesso de um dos reagentes não foi levado em consideração, inviabilizando a comprovação da Lei de Lavoisier.
- E) a massa dos produtos de uma reação química só é igual à massa dos reagentes quando estes estão no mesmo estado físico.

- 05.** (UESPI) A Teoria Atômica de Dalton pode ser expressa em quatro postulados:
1. Cada elemento é composto por partículas extremamente pequenas, denominadas átomos.
  2. Os átomos de um mesmo elemento são idênticos entre si; os átomos de elementos diferentes têm propriedades diferentes.
  3. Nas reações químicas, os átomos de um elemento não se transformam em outros tipos de átomos; nestas reações, não há nem criação nem destruição de átomos.

4. Os compostos se formam quando átomos de dois ou mais elementos se combinam; um certo composto tem sempre a mesma espécie de átomos e o mesmo número relativo de átomos.

A partir destes postulados, Dalton deduziu a chamada

- A) Lei da Conservação da Massa.
- B) Lei da Composição Constante.
- C) Lei das Proporções Múltiplas.
- D) Lei das Decomposições Radioativas.
- E) Lei da Quantização da Energia.

- 06.** (UEFS-BA) J. Dalton, 1766-1844, foi um cientista que se destacou nos campos experimental e teórico da Química. Estudiosos da História da Química acreditam que ele previu a Lei das Proporções Múltiplas, em 1803, com base na teoria atômica que elaborou. Segundo Dalton, se a massa fixa de uma substância química A se combina com massas diferentes de uma substância química B, as massas de B apresentam uma relação de números inteiros e pequenos. Dalton também explicou com base na teoria atômica a Lei da Conservação de Massa, de Lavoisier, e a Lei das Proporções Constantes, de Proust. A tabela apresenta as massas de oxigênio,  $O_{2(g)}$ , que se combinam com as de nitrogênio,  $N_{2(g)}$ , na formação de três óxidos desse elemento químico.

Experiência	Massa de nitrogênio (g)	Massa de oxigênio (g)	Massa de óxido formado (g)
I	28	48	76
II	28	64	92
III	28	80	108

De acordo com essas informações e a partir da análise dos dados da tabela, é correto afirmar que a

- A) percentagem de nitrogênio no óxido formado em II é igual à de nitrogênio no óxido formado em I.
- B) composição em massa do óxido de nitrogênio formado em III é de 2,0 g de nitrogênio para 4,0 g de oxigênio.
- C) composição centesimal do óxido formado em I varia com as massas de nitrogênio e de oxigênio que se combinam.
- D) relação entre as massas de oxigênio que se combinam com uma massa fixa de nitrogênio são, respectivamente, 3 : 4 : 5.
- E) reação de 28,0 g de  $N_{2(g)}$  com 80,0 g de  $O_{2(g)}$ , na experiência III realizada em um recipiente aberto, está de acordo com a Lei da Conservação de Massa, de Lavoisier.

- 07.** (UFF-RJ) Desde a Antiguidade, diversos povos obtiveram metais, vidro, tecidos, bebidas alcoólicas, sabões, perfumes, ligas metálicas; descobriram elementos e sintetizaram substâncias que passaram a ser usadas como medicamentos. No século XVIII, a Química, a exemplo da Física, torna-se uma ciência exata. Lavoisier iniciou na Química o método científico, estudando os porquês e as causas dos fenômenos. Assim, descobriu que as transformações químicas e físicas ocorrem com a conservação da matéria. Outras leis químicas também foram propostas e, entre elas, as ponderais, ainda válidas.

Com base nas leis ponderais, pode-se afirmar que, segundo

- I. a Lei da Conservação das Massas (Lavoisier), 1,0 g de ferro, ao ser oxidado pelo oxigênio, produz 1,0 g de óxido férrico;
- II. a Lei da Conservação das Massas, ao se usar 16,0 g de oxigênio molecular para reagir completamente com 40,0 g de cálcio, são produzidas 56 g de óxido de cálcio;
- III. a Lei das Proporções Definidas, se 1,0 g de ferro reage com 0,29 g de oxigênio para formar o composto óxido ferroso, 2,0 g de ferro reagirão com 0,87 g de oxigênio, produzindo o mesmo composto;
- IV. a Lei das Proporções Múltiplas, dois mols de ferro reagem com dois mols de oxigênio para formar óxido ferroso; logo, dois mols de ferro reagirão com três mols de oxigênio para formar óxido férrico.

Assinale a alternativa correta.

- A) As afirmativas I e II estão corretas.
- B) A afirmativa II está correta.
- C) As afirmativas II e III estão corretas.
- D) As afirmativas II e IV estão corretas.
- E) A afirmativa III está correta.

**08.** (UFSJ-MG) Considere as seguintes reações químicas, ocorrendo em recipientes abertos:

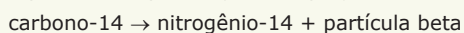
- I. Adição de sódio metálico à água.
- II. Enferrujamento de um prego.
- III. Adição de bicarbonato de sódio em vinagre.
- IV. Queima de álcool etílico.

Se essas reações ocorrerem sobre um prato de uma balança, a única reação em que a massa final medida na balança será maior que a inicial é a de número:

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

## SEÇÃO ENEM

**01.** A técnica de datação com carbono-14 consiste na determinação da proporção  $^{14}\text{C}$  (carbono radioativo) /  $^{12}\text{C}$  (carbono não radioativo) existente no material orgânico analisado. Quanto menor for essa relação, maior é a idade do objeto, pois, com o passar do tempo, apenas o carbono-14 sofre uma transformação que pode ser representada pela seguinte equação:



Sob o olhar de Dalton, a técnica de datação com carbono-14 é impossível, pois a transformação que ocorre com o passar do tempo

- A) corresponde a um rearranjo atômico.
- B) respeita a Lei de Proust.
- C) ratifica a Lei das Proporções Constantes.
- D) preserva o número de massa da matéria.
- E) altera a identidade dos átomos.

**02.** Parece-me provável que Deus, no início, formou a matéria em partículas sólidas, maciças, duras, impenetráveis e móveis, de tamanhos e formatos tais, e com tais outras propriedades, e em tal proporção, de modo a melhor conduzi-las à finalidade para a qual Ele as formou; e que essas partículas primitivas, sendo sólidas, são incomparavelmente mais duras do que quaisquer corpos porosos compostos por elas. São tão duras que nunca se desgastariam ou se quebrariam. Nenhum poder comum seria capaz de dividir o que o próprio Deus fez Um, na primeira criação.

Isaac Newton.


Dalton interpretou o corpuscularismo newtoniano de maneira bastante peculiar. Aquilo que Newton apresentou como hipótese, na leitura de Dalton, transformou-se em clara demonstração.

VIANA, Hélio Elael Bonini. *A construção da Teoria Atômica de Dalton como estudo de caso* – e algumas reflexões para o ensino de Química. São Paulo, 2007. [Fragmento]

Após vários estudos sobre o comportamento dos gases e das Leis Ponderais, Dalton propõe um modelo de estrutura da matéria. Algumas concepções newtonianas podem ser identificadas no seguinte postulado de Dalton:

- A) A matéria é constituída por átomos que não podem ser decompostos, ou seja, são indestrutíveis e maciços.
- B) Todos os átomos do mesmo elemento são idênticos e apresentam a mesma massa e forma.
- C) Os compostos são formados por um número fixo de átomos de seus elementos constituintes.
- D) Se existir mais de um composto formado por dois elementos diferentes, os números dos átomos de cada elemento nos compostos guardam entre si uma razão de números inteiros.
- E) As interações entre átomos de hidrogênio e oxigênio para formar água ocorrem na razão de um para um, obedecendo assim à chamada “regra da máxima simplicidade”.

## GABARITO

Meu aproveitamento 

### Aprendizagem

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

- |                             |                             |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. D | <input type="radio"/> 03. C | <input type="radio"/> 05. D | <input type="radio"/> 07. A |
| <input type="radio"/> 02. E | <input type="radio"/> 04. E | <input type="radio"/> 06. A | <input type="radio"/> 08. C |

### Propostos

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

- |                                          |                             |
|------------------------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. A              | <input type="radio"/> 04. C |
| <input type="radio"/> 02. B              | <input type="radio"/> 05. C |
| <input type="radio"/> 03.                | <input type="radio"/> 06. D |
| <input type="radio"/> A) 6,0 g           | <input type="radio"/> 07. D |
| <input type="radio"/> B) 0,4 g de cálcio | <input type="radio"/> 08. D |

### Seção Enem

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

- |                             |
|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. E |
| <input type="radio"/> 02. A |



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

## Natureza Elétrica da Matéria e Núcleo Atômico

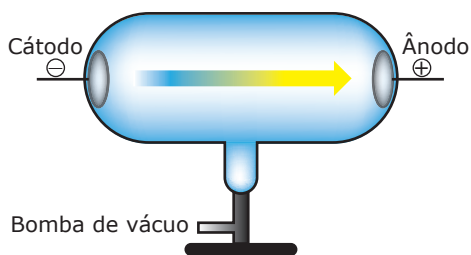
### AS EXPERIÊNCIAS DE FARADAY ENVOLVENDO ELETRICIDADE

O século XIX apresentou progressos notáveis na área da ciência química, mas poucos contribuíram diretamente para nosso conhecimento da natureza dos átomos. Não houve maior progresso nessa área enquanto não se conheceu melhor a natureza da eletricidade.

Michael Faraday (1791-1867) encontrou uma relação precisa entre a quantidade de eletricidade necessária e a quantidade de transformação química que ocorre na eletrólise. A relação entre corrente elétrica e transformações químicas evoluiu na eletroquímica moderna.

### OS TUBOS DE RAIOS CATÓDICOS

Nos anos que se seguiram a 1855, quando se desenvolveu os tubos de raios catódicos, muitos cientistas estudaram as propriedades da eletricidade. Um tubo de raios catódicos simples é um tubo de vidro em que foi feito vácuo, tendo em cada extremidade eletrodos de metal, um negativo (cátodo) e um positivo (ânodo). Quando se aplicam altas voltagens aos eletrodos, os raios catódicos (correntes de elétrons) fluem do cátodo para o ânodo.

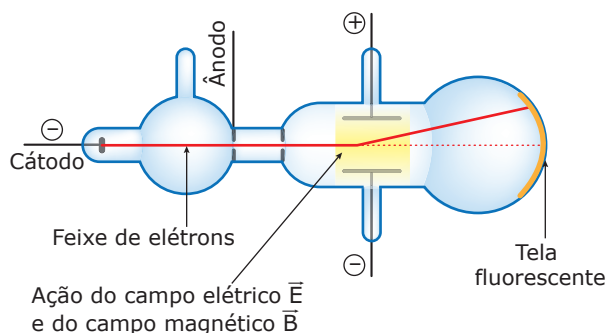


Tubo de raios catódicos.

### A DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO CARGA / MASSA DO ELÉTRON

Uma vez que os raios catódicos são um fluxo de elétrons, aqueles constituem um meio ideal para o estudo das propriedades dos elétrons. Os raios que se movem em linha reta são independentes do material dos eletrodos e do gás residual que existe no tubo. Eles tornam as paredes do tubo

fluorescentes (brilhantes), formam uma sombra quando se coloca um objeto em seu caminho e podem ser desviados por um ímã. Em 1897, J. J. Thomson idealizou um tubo de raios catódicos semelhante ao que se mostra na figura a seguir a fim de medir a massa e a carga do elétron. O princípio em que se baseia esse instrumento é semelhante ao efeito do vento desviando uma bola que se arremessa. Com o ar parado, a bola segue em linha reta, mas, se há um vento lateral, ele desvia a bola para um lado. Se conhecermos a força do vento e a massa da bola, poderemos prever qual o desvio que ela irá sofrer. Por exemplo, uma bola de golfe desviará muito menos que uma bola de pingue-pongue devido à diferença entre suas massas. Portanto, o desvio permitirá calcular a massa.



Experimento: Raios catódicos sob a ação de um campo elétrico.

Com os raios catódicos, é um pouco mais complicado do que com bolas de golfe, porque o efeito do vento é substituído por um campo elétrico e um campo magnético, que agem sobre o elétron carregado negativamente. O desvio produzido é proporcional à carga do elétron e inversamente proporcional à sua massa. Visto que esse tipo de medida dá apenas uma resposta, encontramos na experiência de Thomson somente o valor da relação carga / massa.

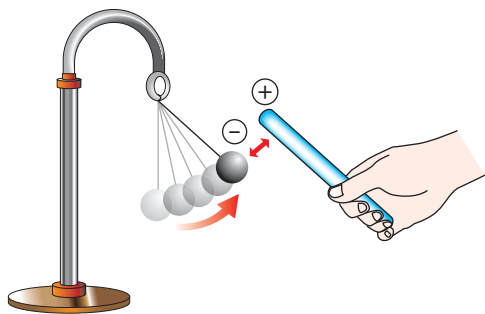
### MODELO DE THOMSON

O átomo de Dalton era neutro, ou seja, não possuía cargas elétricas.

Como explicar, então, a atração existente entre um pedaço de vidro e um pano de lã após serem atritados um contra o outro? Se os átomos fossem neutros, não poderíamos presenciar tal fenômeno.

Ao atritarmos o bastão de vidro com um pedaço de lã, ocorre uma troca de cargas elétricas negativas entre os dois, de modo que o vidro fica com falta de cargas negativas, e a lã, com excesso de cargas negativas.

Esse bastão, já carregado pelo atrito, pode atrair uma bolinha de papel inicialmente neutra, por indução.

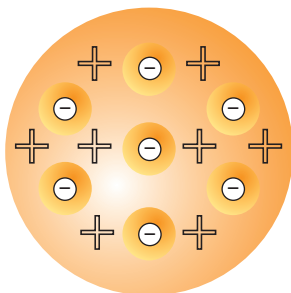


*Eletrização por indução.*

Como o vidro, a lã e o papel também são formados por átomos, e os átomos devem possuir cargas elétricas positivas e negativas.

Thomson, a partir de seus experimentos com os tubos de raios catódicos, criou um modelo em que o átomo era formado por cargas positivas e negativas.

Tal modelo foi chamado de "pudim de ameixas ou pudim de passas". A massa desse pudim era formada pelas cargas positivas e deveria estar recheada com cargas negativas, as passas. Esse modelo é capaz de explicar tais atrações.



*"Pudim de passas".*

Para Thomson, o átomo era uma esfera positiva e eletricamente neutra devido às cargas negativas espalhadas por toda a sua extensão. Com esse modelo, começava-se a admitir a divisibilidade do átomo e a reconhecer a natureza elétrica da matéria.

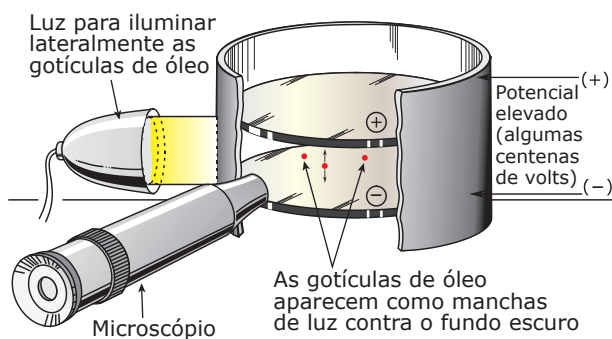
Para você entender melhor o que era esse modelo, compare o átomo de Thomson a um panetone de forma esférica. Os pedaços de frutas cristalizadas em seu interior e na periferia seriam as cargas negativas espalhadas na massa positiva.

## A DETERMINAÇÃO DA CARGA DO ELÉTRON



Várias tentativas foram feitas para resolver se a carga elétrica poderia ter qualquer grandeza ou somente variar em estágios, por incrementos regulares. Robert Andrews Millikan e seus colaboradores determinaram a evidência experimental que solucionou o problema. Millikan descobriu que, se gotículas de óleo fossem pulverizadas em uma pequena câmara, era possível observar o movimento de uma única gota com o microscópio. Devido à ação da gravidade, a gotícula cai através do ar com uma velocidade uniforme, que é determinada pelo seu tamanho e pela temperatura e pressão no aparelho.

Este é mostrado de forma esquemática na figura a seguir:



*Experimento de Millikan.*

Nos experimentos de Millikan, a maioria das gotículas se tornava eletricamente carregada pelo atrito durante o processo de pulverização ou por outras causas. Era possível alterar a velocidade de queda das gotículas pela aplicação de um potencial elétrico entre as placas de metal colocadas nas partes superior e inferior da câmara. Realmente, pela ação da força elétrica produzida pela diferença de potencial, uma determinada gotícula carregada poderia ter sua velocidade de queda aumentada ou diminuída, ser forçada a parar ou, ainda, a movimentar-se para cima. Quando a diferença de potencial elétrico entre as placas era exatamente suficiente para desacelerar a gotícula, a força gravitacional e a força elétrica estavam equilibradas. Medindo-se separadamente a massa da gotícula, foi possível calcular a força elétrica necessária para manter a gotícula em movimento uniforme.

Utilizando os seus dados experimentais e a Lei de Coulomb (que relaciona a carga e a distância com a força), Millikan conseguiu calcular a grandeza da carga da gotícula. O seu aparelho pode ser considerado como uma balança delicada para comparar forças gravitacional e elétrica.

Millikan descreveu suas conclusões acerca da carga elétrica com estas palavras:

Realmente, deste modo, eu observei a captura de vários milhares de íons e nunca encontrei um, cuja carga, quando medida como anteriormente, não tivesse exatamente o mesmo valor da menor carga capturada, ou um múltiplo muito pequeno desse valor. Aqui, portanto, está uma prova direta e inatacável de que o elétron não é uma média estatística, mas que as cargas elétricas encontradas nos íons têm todas o mesmo valor ou, então, múltiplos inteiros e pequenos desse valor.

MILLIKAN, R. A. *Electrons (+ and -), Protons, Photons, Neutrons, Mesotrons and Cosmic Rays*. Chicago: The University of Chicago Press, 1935. p. 72. [Fragmento]

A partir desses dados, Millikan calculou a carga do elétron como sendo de  $1,591 \cdot 10^{-19}$  coulombs. Entretanto, a conclusão qualitativa é mais importante do que o resultado quantitativo. O valor de qualquer carga negativa corresponde a múltiplos de uma carga unitária, que é a carga do elétron. Até hoje, ninguém conseguiu produzir ou demonstrar a existência de carga negativa de grandeza menor do que  $1,591 \cdot 10^{-19}$  coulombs; atualmente, o valor mais preciso é  $1,60186 \cdot 10^{-19}$  coulombs.



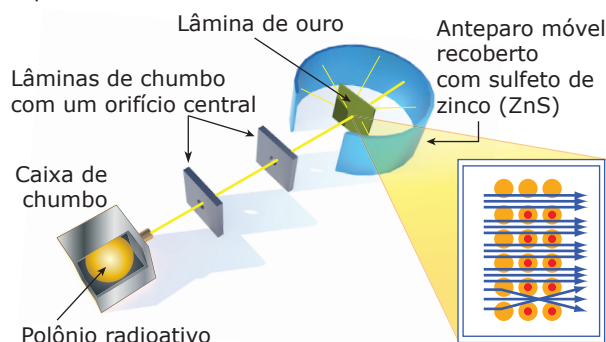
Para explicar as observações experimentais, concluiu-se que as cargas dos íons devem diferir em pequenas quantidades ou que as massas desses íons devem diferir. A partir do trabalho de Millikan, parece que pelo menos a carga negativa aparece em unidades discretas, mas Millikan trabalhou com gotículas de óleo que continham inicialmente cargas positivas e negativas. Entretanto, todas as cargas positivas e negativas que ele observou eram sempre múltiplas de uma carga unitária, a carga do elétron. Se, na matéria, os elétrons são unidades de carga negativa que neutralizam unidades de carga positiva, essas cargas negativas e positivas devem vir em conjuntos de grandeza igual. Se assim não fosse, as cargas negativas e positivas em um objeto nem sempre dariam exatamente zero ou um múltiplo inteiro da unidade de carga eletrônica. Como podem ser interpretados os dados experimentais que indicaram variações da relação carga / massa nos íons positivos?

A única maneira de responder a essa pergunta parece exigir que os átomos de um mesmo elemento difiram em massa, surgindo, assim, a ideia de que elementos químicos podem apresentar **isótopos**, mas tal resposta contradiz a teoria de Dalton, que, no entanto, provou ser adequada à interpretação das observações feitas em sistemas químicos.

## A EXPERIÊNCIA DE RUTHERFORD



Lord Ernest Rutherford foi o homem que revolucionou o conceito de átomo. A partir da realização de uma experiência que consistia no bombardeamento de uma radiação emitida pelo polônio (Po) sobre uma fina placa de ouro (da espessura de uma folha de papel), Rutherford derrubou os modelos anteriores, mostrando ao mundo um modelo mais completo do que os iniciais.



A experiência de Rutherford.

O elemento radioativo polônio foi colocado em uma caixa de chumbo com uma pequena abertura por onde sairia um feixe de partículas radioativas com cargas positivas, chamadas de partículas alfa ( $\alpha$ ).

Houve a necessidade de se colocar placas de chumbo com pequenos orifícios em seus centros, para direcionar o feixe, a fim de atingir a lamínula de ouro.

### OBSERVAÇÃO

O chumbo foi utilizado, pois é um material muito denso que evita o espalhamento da radiação.

Envolveu-se todo o sistema com um filme fluorescente que serviria para demonstrar se as partículas atravessariam ou refletiriam ao se chocarem com a lamínula de ouro. Quando uma partícula alfa se chocava com esse filme, havia uma emissão de luz que provocava, no ponto onde houve o choque, uma mancha.

Durante a realização desse experimento, Rutherford observou que a maioria das partículas alfa que chegaram a se chocar com a lamínula de ouro conseguiu atravessá-la.

No filme fluorescente, manchas centrais foram causadas pelas partículas que atravessaram a lamínula. As manchas das extremidades do filme foram causadas pelas partículas refletidas.

Rutherford descreveu seu trabalho com as seguintes palavras:

Eu gostaria de usar este exemplo para mostrar o quão frequentemente descobrimos fatos importantes por acidente. Nos primeiros dias, eu havia observado o desvio de partículas alfa, e o Dr. Geiger havia examinado esse fenômeno com detalhe, em meu laboratório, verificando que, em pedaços finos de metal pesado, o desvio era usualmente pequeno, da ordem de um grau. Um dia, Geiger chegou-se a mim e disse: Você não acha que o jovem Marsden, que estou treinando em métodos radioativos, deveria iniciar uma pequena pesquisa? Como eu também havia pensado nisso, respondi: Por que não deixar que ele verifique se algumas partículas alfa podem ser desviadas de um grande ângulo? Devo confessar que eu não acreditava que isso acontecesse, uma vez que sabíamos que a partícula alfa era muito rápida, pesada e com uma grande quantidade de energia, e poder-se-ia prever que, se o desvio total era devido ao efeito acumulado de uma série de pequenos desvios, a possibilidade de uma partícula alfa voltar para trás era muito pequena. Lembro-me, então, que dois ou três dias mais tarde Geiger chegou muito excitado, dizendo: Fomos capazes de obter algumas partículas alfa que retornaram em direção à fonte. Foi, talvez, a coisa mais incrível que já me aconteceu. Foi quase tão inacreditável como se atirássemos uma granada de 15 polegadas contra uma folha de papel e ela voltasse, atingindo-nos. Refletindo sobre o assunto, constatei que esse retorno deveria ser o resultado de uma única colisão e, quando fiz alguns cálculos, verifiquei ser impossível obter qualquer coisa dessa ordem de grandeza, a não ser que se tivesse um sistema onde a maior parte da massa do átomo estivesse concentrada em um núcleo diminuto. Foi, então, que idealizei o átomo como tendo um pequeno centro maciço e dotado de carga. Calculei matematicamente a quais leis que o desvio deveria obedecer e descobri que o número de partículas desviadas de um determinado ângulo deveria ser proporcional à espessura da lâmina metálica, ao quadrado da carga nuclear e inversamente proporcional à quarta potência da velocidade. Essas deduções foram mais tarde confirmadas por Geiger e Marsden em uma série de belos experimentos.

RUTHERFORD, Ernest. The Development of the Theory of Atomic Structure, 1936. In: NEEDHAM, J.; PAGE, W. J. *Background to Modern Science*. New York: The MacMillan Company, 1938. [Fragmento]

## As conclusões iniciais de Rutherford

Os resultados foram explicados supondo-se que o átomo possui um centro ou um núcleo de diâmetro muito pequeno, onde estão concentradas cargas elétricas de um único tipo. Esse núcleo carregado deve ser muito maciço ou mantido fixo por forças existentes dentro do sólido, ou ambas as coisas, pois algumas das partículas alfa são bastante desviadas de seu trajeto original. Como os elétrons têm carga negativa, deve-se concluir que esse núcleo central maciço é carregado positivamente e que o desvio das partículas alfa positivas é o resultado de uma repulsão eletrostática.

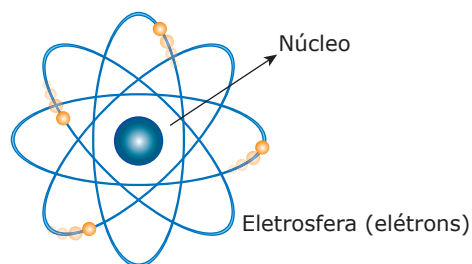
De acordo com os cálculos de Rutherford, o raio do núcleo é cerca de  $1 / 10\ 000$  do raio do átomo, ou mesmo menos que isso. Como o volume de uma esfera é proporcional ao cubo do seu raio, o volume de um átomo deve ser  $10^{12}$  vezes maior que o volume do seu núcleo. Como a maior parte da massa de um átomo está concentrada no núcleo, a densidade deste deve ser, pelo menos,  $10^{12}$  vezes maior que a densidade do átomo. Se isso for verdade, então, os elétrons devem ocupar um volume muito maior do que o do núcleo.

Se, na realidade, um núcleo carregado positivamente é o responsável pelo desvio de partículas alfa positivas (devido à repulsão coulombiana), então, o número de partículas alfa desviadas de um dado ângulo dependerá da grandeza da carga do núcleo. Núcleos de alta carga, evidentemente, desviarão de um determinado ângulo mais partículas alfa do que núcleos de carga pequena.

Rutherford deduziu a relação matemática que descreve como os números relativos de partículas alfa desviadas de um dado ângulo dependem da carga nuclear. H. Geiger e E. Marsden verificaram ser possível atribuir um valor numérico para a carga nuclear de carbono, alumínio, ouro e outros metais. Descobriram, também, que essa carga nuclear era, aproximadamente, igual à metade da grandeza da massa atômica desde que a carga nuclear positiva fosse expressa em unidades de grandeza igual à carga do elétron.

## Modelo de Rutherford

A partir dessas conclusões, Rutherford propôs um novo modelo atômico: o modelo "planetário", em que o átomo é comparado com o sistema solar; o núcleo central positivo, pequeno e denso, com elétrons girando em órbitas circulares ao seu redor, como os planetas giram em torno do Sol.



Esquema do modelo para o átomo proposto por Rutherford.



### Experimento de Rutherford

Você poderá simular o experimento de Rutherford, controlando a energia das partículas alfa emitidas sobre a placa de ouro e a quantidade de partículas no núcleo do átomo da placa. Observe a trajetória das partículas alfa. Boa atividade!



## PARTÍCULAS SUBATÔMICAS

Os prótons, os nêutrons e os elétrons formam conjuntos denominados átomos. Um átomo é um conjunto formado por um certo número de prótons e nêutrons, constituindo um núcleo, ao redor do qual gira um número de elétrons igual ao número de prótons, que constitui a eletrosfera.

Partículas	Região (localização)	Carga elétrica	Massa absoluta / g	Massa relativa
Prótons	Núcleo	+1	$1,672 \cdot 10^{-24}$	1
Nêutrons	Núcleo	0	$1,675 \cdot 10^{-24}$	1
Elétrons	Eletrosfera	-1	$9,109 \cdot 10^{-28}$	$\frac{1}{1\ 836}$

### OBSERVAÇÃO

Note que a massa do nêutron é levemente maior do que a massa do próton. Já a massa do elétron é considerada desprezível, pois a massa de 1 836 elétrons é igual à massa de 1 próton.

## NÚMEROS QUÍMICOS

### Número atômico (Z)

Os elementos químicos conhecidos podem ser colocados na ordem crescente de suas massas atômicas a partir do elemento de menor massa, que é o hidrogênio. Pode-se também obter uma relação dos elementos, dispondo-os na ordem crescente do número de unidades de carga nuclear, obtido por Rutherford. Comparando-se essas duas relações, vê-se que a ordem dos elementos é praticamente a mesma. O número de unidades de carga positiva do núcleo do átomo de qualquer elemento químico é chamado **número atômico** desse elemento.

Rutherford pôde fazer apenas uma estimativa grosseira dos números atômicos dos elementos. Desde então, outros métodos têm fornecido dados mais precisos, que confirmaram plenamente as suas conclusões.

Um elemento químico pode agora ser definido de um modo diferente do processo operacional. A nova definição é essencialmente uma definição conceitual e estabelece que um elemento químico é um conjunto de átomos que têm todos o mesmo número atômico (carga nuclear).

O desenvolvimento da teoria dos átomos mostra que os números atômicos precisam ser números inteiros. Isso significa que, quando os elementos estão dispostos na ordem crescente de seus números atômicos, não pode, logicamente, haver um elemento colocado entre o hidrogênio e o hélio, ou seja, um elemento de número atômico 1,5. Se tal elemento for encontrado, nossas ideias atuais sobre átomos, eletricidade e sistemas químicos deverão sofrer uma transformação radical.

O número de partículas constituintes dos átomos é muito importante, pois é o que diferencia um átomo de outro. Na realidade, é o número de prótons do átomo que o caracteriza quimicamente. Esse número é importantíssimo e é chamado de número atômico, representado pela letra Z (número atômico Z é o número de prótons do átomo).

<b>Exemplos:</b>	Hidrogênio	Z = 1
	Hélio	Z = 2
	Cloro	Z = 17
	Ferro	Z = 26

Dizemos que átomos do mesmo número atômico são átomos de um mesmo elemento químico. Por definição:

Elemento químico é um conjunto de átomos de mesmo número atômico.

Assim, elemento químico hidrogênio é o conjunto de átomos de Z = 1. Elemento químico hélio é o conjunto de átomos de Z = 2, e assim por diante.

Cada Z corresponde a um **único** elemento químico e vice-versa.

Número atômico (Z) ⇔ Elemento químico

Os elementos químicos encontrados na natureza têm Z variando de 1 a 92. Artificialmente, a partir de 1942, foram obtidos elementos com Z > 92. Atualmente, já foi obtido o elemento de número atômico Z = 118, ao qual foi atribuído o nome oganesson.

## Número de massa (A)

O número de nêutrons de um átomo não interfere nas suas características químicas. Assim, átomos com diferentes números de nêutrons, mas com o mesmo número de prótons, são átomos do mesmo elemento químico. O número de prótons somado ao número de nêutrons interfere apenas na massa do átomo.

A massa do átomo é dada pelo seu número de prótons e nêutrons, pois a massa dos elétrons é desprezível em relação à dos prótons e à dos nêutrons. O número de prótons somado ao número de nêutrons de um átomo é chamado de número de massa e é representado pelo símbolo A.

Número de massa (A) de um átomo é o seu número de prótons somado ao seu número de nêutrons.

Quando um átomo é eletricamente neutro, o seu número de prótons é igual ao de elétrons. Como a carga elétrica de um próton é neutralizada exatamente pela carga elétrica de um elétron e vice-versa, para que o átomo seja uma partícula eletricamente neutra, o seu número de prótons deverá ser igual ao seu número de elétrons.

Podemos representar o número de massa A como a soma do número atômico Z e do número de nêutrons N.

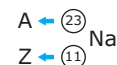
Assim:

$$A = Z + N$$

## Representação de um elemento

Para representarmos um átomo de um elemento químico, geralmente, colocamos o seu símbolo no centro, acima, o seu número de massa e, abaixo, o seu número atômico.

**Exemplo:** O elemento sódio.



Observe que o número de massa é sempre maior do que o número atômico, pois  $A = Z + N$ , exceto no caso do isótopo prótio do hidrogênio, em que  $N = 0 \Rightarrow A = Z$ , ( ${}^1_1\text{H}$ ).

No caso de representarmos um íon, geralmente, colocamos sua carga elétrica à direita e acima do símbolo:



## SEMELHANÇAS ATÔMICAS

### Isótopos

Átomos com igual número atômico (igual Z) e diferentes números de massa (diferentes A) são isótopos de um mesmo elemento químico.

Isótopos entre si são isótopos do mesmo elemento, portanto, com o mesmo Z e com o mesmo número de prótons. Assim,  ${}^1\text{H}$ ,  ${}^2\text{H}$  e  ${}^3\text{H}$  são isótopos entre si, ou seja, são diferentes isótopos do mesmo elemento hidrogênio. Como os isótopos são átomos, também apresentam igual número de elétrons. Isótopos entre si diferem no número de nêutrons e, portanto, no número de massa (A). Veja na tabela a seguir o número de prótons, elétrons e nêutrons dos isótopos do hidrogênio, tomados como exemplos.

Isótopos	Z	A	p <sup>+</sup>	e <sup>-</sup>	n <sup>0</sup>
${}^1\text{H}$	1	1	1	1	0
${}^2\text{H}$	1	2	1	1	1
${}^3\text{H}$	1	3	1	1	2

p<sup>+</sup> = número de prótons

e<sup>-</sup> = número de elétrons

n<sup>0</sup> = número de nêutrons

Isótopos de um mesmo elemento não têm nomes diferentes, porém, no caso do hidrogênio, foram dados nomes diferentes aos seus isótopos. Os isótopos dos demais elementos são nomeados com os próprios nomes dos elementos, acompanhados dos respectivos números de massa.

**Exemplos:**

Oxigênio-16  $\Rightarrow$  é o nome do isótopo de oxigênio com  $A = 16$ .

Cloro-37  $\Rightarrow$  é o nome do isótopo de cloro com  $A = 37$ .

Urânio-235  $\Rightarrow$  é o nome do isótopo de urânio com  $A = 235$ .

Urânio-238  $\Rightarrow$  é o nome do isótopo de urânio com  $A = 238$ .

No caso do hidrogênio, foram dados os seguintes nomes para os seus isótopos:

$^1\text{H}$   $\Rightarrow$  hidrogênio leve ou prótio.

$^2\text{H}$   $\Rightarrow$  hidrogênio pesado ou deutério.

$^3\text{H}$   $\Rightarrow$  tritério, trício ou trítio.

**OBSERVAÇÃO**

Os isótopos também podem ser denominados átomos isoprotônicos (átomos que possuem o mesmo número de prótons).

**Isóbaros**

São átomos de elementos diferentes (com diferentes números atômicos) que apresentam o mesmo número de massa.

**Exemplos:**  $^3_1\text{H}$  e  $^3_2\text{He}$  ( $A = 3$ ).

$^{40}_{18}\text{Ar}$ ,  $^{40}_{19}\text{K}$  e  $^{40}_{20}\text{Ca}$  ( $A = 40$ ).

**Isótonos**

São átomos de elementos químicos diferentes (números atômicos diferentes) e mesmo número de nêutrons ( $N$ ).

**Exemplos:**  $^3_1\text{H}$  e  $^4_2\text{He}$  (2 nêutrons).

$^{38}_{18}\text{Ar}$ ,  $^{39}_{19}\text{K}$  e  $^{40}_{20}\text{Ca}$  (20 nêutrons).

Os isótonos são também chamados isoneutrônicos (átomos que possuem o mesmo número de nêutrons).

**ÁTOMOS NEUTROS**

São eletricamente neutros, ou seja, possuem quantidades de cargas positivas (prótons) e cargas negativas (elétrons) iguais.

$$\text{número de prótons} = \text{número de elétrons}$$

**Exemplos:** O, N, S, F, Na, etc.

**ÍONS**

São espécies químicas eletricamente carregadas. Os íons positivos são chamados de **cátions** e os negativos, de **ânions**.

Quando um átomo neutro perde elétrons, ele se transforma em um cátion.

**Exemplo:**  $^{40}_{20}\text{Ca}^{2+}$   $\left\{ \begin{array}{l} 20 \text{ p}^+ \\ 20 \text{ n}^0 \\ 18 \text{ e}^- \end{array} \right.$

Quando um átomo neutro ganha elétrons, ele se transforma em um ânion.

**Exemplo:**  $^{15}_7\text{N}^{3-}$   $\left\{ \begin{array}{l} 7 \text{ p}^+ \\ 8 \text{ n}^0 \\ 10 \text{ e}^- \end{array} \right.$

**Espécies isoeletrônicas**

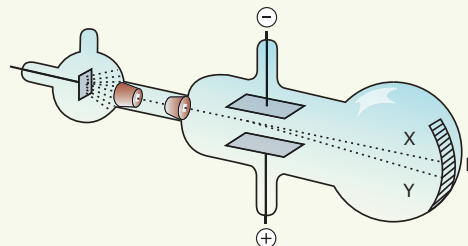
São espécies químicas com o mesmo número de elétrons.

**Exemplos:**  $^{32}_{16}\text{S}^{2-}$  e  $^{35}_{17}\text{Cl}^-$   $\Rightarrow$  ambos possuem 18  $e^-$ .

$^{23}_{11}\text{Na}^+$  e  $^{20}_{10}\text{Ne}$   $\Rightarrow$  ambos possuem 10  $e^-$ .

**EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM**

- 01.** (UFMG) No fim do século XIX, Thomson realizou experimentos em tubos de vidro que continham gases a baixas pressões, em que aplicava uma grande diferença de potencial. Isso provocava a emissão de raios catódicos. Esses raios, produzidos num cátodo metálico, deslocavam-se em direção à extremidade do tubo (E). Na figura, essa trajetória é representada pela linha tracejada X.



Nesses experimentos, Thomson observou que

- I. a razão entre a carga e a massa dos raios catódicos era independente da natureza do metal constituinte do cátodo ou do gás existente no tubo;
- II. os raios catódicos, ao passarem entre duas placas carregadas, com cargas de sinal contrário, se desviavam na direção da placa positiva.

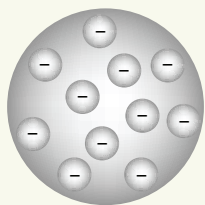
Na figura, esse desvio é representado pela linha tracejada Y.

Considerando-se essas observações, é correto afirmar que os raios catódicos são constituídos de

- A) elétrons.
  - B) ânions.
  - C) prótons.
  - D) cátions.
- 02.** (FUVEST-SP) Em 1897, J. J. Thomson determinou, pela primeira vez, a relação entre a massa e a carga do elétron, o que pode ser considerado como a descoberta do elétron. É reconhecida como uma contribuição de Thomson ao modelo atômico,
- A) o átomo ser indivisível.
  - B) a existência de partículas subatômicas.
  - C) os elétrons ocuparem níveis discretos de energia.
  - D) os elétrons girarem em órbitas circulares ao redor do núcleo.
  - E) o átomo possuir um núcleo com carga positiva e uma eletrosfera.

- 03.** (Unifor-CE) A descoberta do átomo representou um importante passo para o homem no reconhecimento dos materiais e suas propriedades e o estabelecimento do modelo atômico atual foi uma construção científica de diversos autores: Leucipo / Demócrito; Dalton, Thomson, Rutherford / Bohr, entre outros.

A figura a seguir apresenta o modelo atômico de Thomson que contribuiu significativamente para o estabelecimento do conceito de átomo moderno, pois este defendia:



- A) A divisibilidade do átomo em uma massa protônica positiva e partículas negativas denominadas elétrons.
- B) A divisibilidade do átomo em uma massa neutra composta por cargas negativas denominadas elétrons.
- C) A existência de um átomo negativo e indivisível.
- D) O átomo era divisível em partículas negativas conhecidas como prótons.
- E) O átomo era formado somente por uma massa de elétrons positivos inseridos em uma matriz protônica negativa.

**04.** (UFMG) Os resultados da experiência de bombardeamento de uma lâmina de ouro com partículas alfa foram corretamente interpretados por Rutherford, em 1911.

Todas as alternativas apresentam conclusões resultantes dessa experiência, exceto

- A) Os átomos têm núcleos densos e eletricamente positivos.
- B) A matéria tem, em sua constituição, grandes espaços vazios.
- C) Os elétrons se situam nos níveis de energia da eletrosfera.
- D) O tamanho do núcleo é muito menor do que o tamanho do átomo.
- E) A carga nuclear e a da eletrosfera têm valores iguais com sinais contrários.

**05.** (PUC Minas-2015) Os estudos realizados por Rutherford mostraram que o átomo deveria ser constituído por um núcleo positivo com elétrons girando ao seu redor. Os elétrons foram inicialmente levados em consideração no modelo atômico proposto pelo seguinte pesquisador:

- A) Niels Bohr
- B) J. J. Thomson
- C) John Dalton
- D) Werner Heisenberg

**06.** (UEFS-BA-2016) Os modelos atômicos foram sendo modificados ao longo do tempo, a partir de evidências experimentais, a exemplo dos modelos de Thomson, proposto com base em experimentos com tubo de raios catódicos e o de Rutherford, que, ao fazer incidir partículas alfa,  $\alpha$ , sobre lâminas de ouro, observou que a maioria das partículas atravessavam a lâmina, algumas desviavam e poucas eram refletidas.

A partir das considerações do texto, é correto destacar:

- A) As partículas subatômicas de cargas elétricas opostas estão localizadas no núcleo do átomo, segundo Thomson.
- B) O modelo de Thomson considera que o átomo é constituído por elétrons que ocupam diferentes níveis de energia.

- C) O núcleo do átomo é denso e positivo com um tamanho muito menor do que o do seu raio atômico, de acordo com Rutherford.
- D) As experiências com raios catódicos evidenciaram a presença de partículas de carga elétrica positiva nos átomos dos gases analisados.
- E) O experimento conduzido por Rutherford permitiu concluir que as partículas positivas e negativas constituintes dos átomos têm massas iguais.

**07.** (CEFET-PR-2017) Em 2016 a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) confirmou a descoberta de mais quatro elementos, todos produzidos artificialmente, identificados nas últimas décadas por cientistas russos, japoneses e americanos, e que completam a sétima fila da tabela periódica. Eles se chamam Nihonium (símbolo Nh e elemento 113), Moscovium (símbolo Mc e elemento 115), Tennessine (símbolo Ts e elemento 117) e Oganesson (símbolo Og e elemento 118). As massas atômicas destes elementos são, respectivamente, 286, 288, 294, 294.

Com base nas afirmações anteriores assinale a alternativa correta.

- A) Esses elementos são representados por  $^{113}_{286}\text{Nh}$ ,  $^{115}_{288}\text{Mc}$ ,  $^{117}_{294}\text{Ts}$  e  $^{118}_{294}\text{Og}$ .
- B) Os elementos Tennessine e Oganesson são isóbaros.
- C) Estes elementos foram encontrados em meteoritos oriundos do espaço.
- D) Os elementos Tennessine e Oganesson são isótopos.
- E) Os quatro novos elementos são isótonos entre si.

**08.** (UFLA-MG) As afirmações que se seguem dizem respeito a dois elementos A e B.

- I. B possui massa atômica igual a 39.
- II. O número atômico de A é igual a 20.
- III. B é isoeletrônico com  $A^+$ .
- IV. A e B são isótonos.

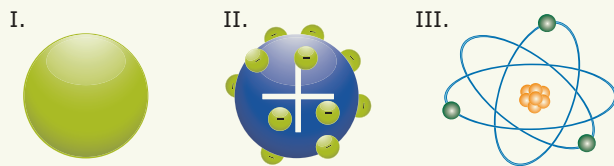
Podemos afirmar que

- A) A e  $B^+$  são isoeletrônicos.
- B) o número de massa de A é igual a 40.
- C) o número de elétrons de B é igual a 20.
- D) o número de nêutrons de A é igual a 17.
- E) A e B são isóbaros.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



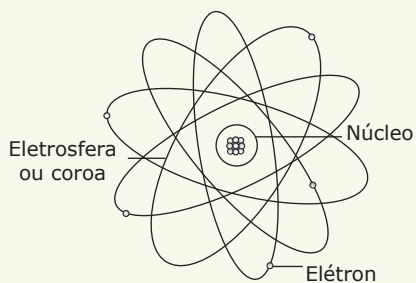
**01.** (UFJF-MG-2016) Desde a Grécia antiga, filósofos e cientistas vêm levantando hipóteses sobre a constituição da matéria. Demócrito foi uns dos primeiros filósofos a propor que a matéria era constituída por partículas muito pequenas e indivisíveis, as quais chamaram de átomos. A partir de então, vários modelos atômicos foram formulados, à medida que novos e melhores métodos de investigação foram sendo desenvolvidos. A seguir, são apresentadas as representações gráficas de alguns modelos atômicos:



Assinale a alternativa que correlaciona o modelo atômico com a sua respectiva representação gráfica.

- A) I – Thomson, II – Dalton, III – Rutherford-Bohr.
- B) I – Rutherford-Bohr, II – Thomson, III – Dalton.
- C) I – Dalton, II – Rutherford-Bohr, III – Thomson.
- D) I – Dalton, II – Thomson, III – Rutherford-Bohr.
- E) I – Thomson, II – Rutherford-Bohr, III – Dalton.

**02.** (UECE–2015) Há cerca de dois mil e quinhentos anos, o filósofo grego Demócrito disse que se dividirmos a matéria em pedacinhos, cada vez menores, chegaremos a grãosinhos indivisíveis, que são os átomos (a = não e tomo = parte). Em 1897, o físico inglês Joseph Thomson (1856-1940) descobriu que os átomos eram divisíveis: lá dentro havia o elétron, partícula com carga elétrica negativa. Em 1911, o neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) mostrou que os átomos tinham uma região central compacta chamada núcleo e que lá dentro encontravam-se os prótons, partículas com carga positiva. Atente à figura a seguir, que representa o núcleo e a eletrosfera do átomo.



Com relação à figura anterior, é correto afirmar que

- A) o núcleo é muito pequeno, por isso, tem pouca massa se comparado à massa do átomo.
- B) mais de 90% de toda a massa do átomo está na eletrosfera.
- C) considerando as reais grandezas do núcleo e da eletrosfera do átomo, se comparadas às suas representações na figura, o tamanho da eletrosfera está desproporcional ao tamanho do núcleo.
- D) a massa do núcleo é bem maior do que a massa da eletrosfera, cuja relação fica em torno de 100 vezes.

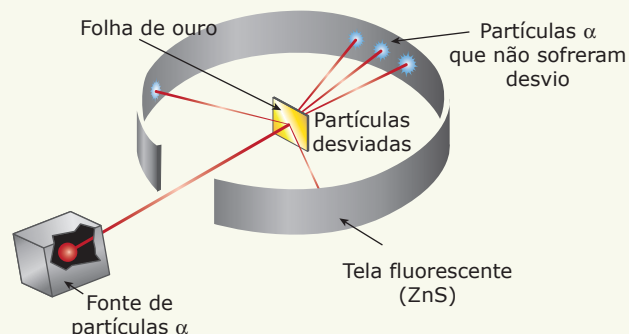
**03.** (UFMG) Na experiência de espalhamento de partículas alfa, conhecida como “experimento de Rutherford”, um feixe de partículas alfa foi dirigido contra uma lâmina finíssima de ouro, e os experimentadores (Geiger e Marsden) observaram que um grande número dessas partículas atravessava a lâmina sem sofrer desvios, mas que um pequeno número sofria desvios muito acentuados.

Esse resultado levou Rutherford a modificar o modelo atômico de Thomson, propondo a existência de um núcleo de carga positiva, de tamanho reduzido e com, praticamente, toda a massa do átomo.

Assinale a alternativa que apresenta o resultado que era previsto para o experimento de acordo com o modelo de Thomson.

- A) A maioria das partículas atravessaria a lâmina de ouro sem sofrer desvios, e um pequeno número sofreria desvios muito pequenos.
- B) A maioria das partículas sofreria grandes desvios ao atravessar a lâmina.
- C) A totalidade das partículas atravessaria a lâmina de ouro sem sofrer nenhum desvio.
- D) A totalidade das partículas ricochetearia ao se chocar contra a lâmina de ouro, sem conseguir atravessá-la.

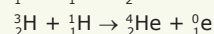
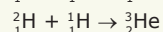
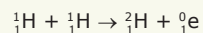
**04.** (Unimontes-MG) A figura a seguir mostra o experimento de Rutherford com o uso de uma lâmina de ouro e partículas  $\alpha$ .



Supondo que esse experimento fosse realizado com átomos que tivessem a estrutura proposta pelo modelo de Thomson, pode-se afirmar que

- A) as partículas  $\alpha$  atravessariam a lâmina de ouro, sendo observados poucos desvios.
- B) o anteparo apresentaria manchas luminosas dispersas de forma homogênea.
- C) os átomos da folha de ouro impediriam totalmente a passagem das partículas  $\alpha$ .
- D) os núcleos e elétrons dos átomos da lâmina de ouro absorveriam as partículas.

**05.** (Unesp–2015) A energia liberada pelo Sol é fundamental para a manutenção da vida no planeta Terra. Grande parte da energia produzida pelo Sol decorre do processo de fusão nuclear em que são formados átomos de hélio a partir de isótopos de hidrogênio, conforme representado no esquema:



RUSSELL, John B. *Química geral*. 1994.

A partir das informações contidas no esquema, é correto afirmar que os números de nêutrons dos núcleos do hidrogênio, do deutério, do isótopo leve de hélio e do hélio, respectivamente, são

- A) 1, 1, 2 e 2.
- B) 1, 2, 3 e 4.
- C) 0, 1, 1 e 2.
- D) 0, 0, 2 e 2.
- E) 0, 1, 2 e 3.

**06.** (FGV-SP-2015) O Brasil inaugurou em 2014 o Projeto Sirius, um acelerador de partículas que permitirá o desenvolvimento de pesquisa na área de materiais, física, química e biologia. Seu funcionamento se dará pelo fornecimento de energia a feixes de partículas subatômicas eletricamente carregadas: prótons e elétrons.

Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/ciencia-e-tecnologia/2014/02/>> (Adaptação).

Na tabela, são apresentadas informações das quantidades de algumas partículas subatômicas para os íons  $X^{2-}$  e  $A^{2+}$ :

Carga da partícula	$X^{2-}$	$A^{2+}$
Positiva	16	y
Negativa	18	18

Nessa tabela, o nome do elemento X e o valor de y são, respectivamente,

- A) argônio e 16.
- B) argônio e 20.
- C) enxofre e 16.
- D) enxofre e 18.
- E) enxofre e 20.

**07.** (IFRS) Embora o ano de 2013 tenha apresentado uma safra de grãos, no mundo e também no Brasil, ainda sofremos com a desnutrição em comunidades menos favorecidas. A má distribuição dos alimentos não é um problema atual, mas, com todo avanço tecnológico, ela ainda persiste. Uma característica padrão no desnutrido é a anemia, diagnosticada pela insuficiência de ferro. O ferro  $^{56}_{26}\text{Fe}$  está presente numa série de alimentos, porém é assimilado principalmente na forma de íon ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), embora exista também na forma de íon férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Um dos procedimentos básicos utilizados hoje no Brasil é a adição de sulfato ferroso nas farinhas para produção de pão (alimento básico nas populações de baixa renda).

Baseado no texto anterior, podemos afirmar que o íon Ferroso apresenta

- A) 26 prótons, 26 elétrons e 56 nêutrons.
- B) 26 prótons, 24 elétrons e 56 nêutrons.
- C) 26 prótons, 24 elétrons e 30 nêutrons.
- D) 24 prótons, 26 elétrons e 56 nêutrons.
- E) 24 prótons, 26 elétrons e 30 nêutrons.

**08.** (ITA-SP) Assinale a opção que apresenta o elemento químico com o número correto de nêutrons.

- A)  $^{17}_9\text{F}$  tem zero nêutrons.
- B)  $^{24}_{12}\text{Mg}$  tem 24 nêutrons.
- C)  $^{197}_{79}\text{Au}$  tem 79 nêutrons.
- D)  $^{75}_{33}\text{As}$  tem 108 nêutrons.
- E)  $^{238}_{92}\text{U}$  tem 146 nêutrons.

**09.** (UDESC-2017) O experimento realizado por Ernest Rutherford, em que uma fina placa de ouro foi bombardeada com um feixe de partículas  $\alpha$ , permitiu a suposição de um modelo de átomo com um núcleo pouco volumoso, de carga positiva, rodeado por uma região volumosa formada por elétrons, com carga negativa.

A construção deste modelo deve-se ao fato de:

- A) muitas partículas  $\alpha$  não terem sofrido desvio (região da eletrosfera) e poucas delas terem desviado ou retrocedido (região do núcleo).
- B) muitas partículas  $\alpha$  terem retrocedido ao colidir diretamente com o núcleo atômico.
- C) ter havido desvio das partículas  $\alpha$  que se colidiram com a região da eletrosfera do átomo de Au.
- D) as partículas  $\alpha$  terem sofrido atração pelos elétrons que possuem carga negativa.
- E) não ter sido observado o desvio das partículas  $\alpha$ , devido ao fato de o átomo ser maciço.

**10.** (UERJ-2015) Com base no número de partículas subatômicas que compõem um átomo, as seguintes grandezas podem ser definidas:

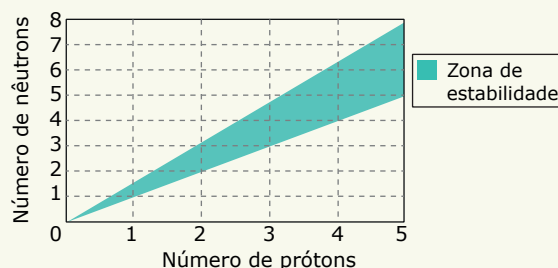
Grandeza	Símbolo
Número atômico	Z
Número de massa	A
Número de nêutrons	N
Número de elétrons	E

O oxigênio é encontrado na natureza sob a forma de três átomos:  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  e  $^{18}\text{O}$ . No estado fundamental, esses átomos possuem entre si quantidades iguais de duas das grandezas apresentadas.

Os símbolos dessas duas grandezas são

- A) Z e A.
- B) E e N.
- C) Z e E.
- D) N e A.

**11.** (UERJ) Uma forma de identificar a estabilidade de um átomo de qualquer elemento químico consiste em relacionar seu número de prótons com seu número de nêutrons em um gráfico denominado Diagrama de Estabilidade, mostrado a seguir:



São considerados estáveis os átomos cuja interseção entre o número de prótons e o de nêutrons se encontra dentro da zona de estabilidade mostrada no gráfico. Verifica-se, com base no diagrama, que o menor número de massa de um isótopo estável de um metal é igual a:

- A) 2
- B) 3
- C) 6
- D) 9

- 12.** (FGV-SP) A tabela seguinte apresenta dados referentes às espécies K, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e S<sup>2-</sup>.

Espécie	Z	Nêutrons
K	19	22
K <sup>+</sup>	19	22
Ca <sup>2+</sup>	20	22
S <sup>2-</sup>	16	18

Em relação a essas espécies, são feitas as seguintes afirmações:

- I. K<sup>+</sup> e Ca<sup>2+</sup> são isótonos;  
 II. K e Ca<sup>2+</sup> são isóbaros;  
 III. K<sup>+</sup> tem mais prótons que K;  
 IV. K<sup>+</sup> e S<sup>2-</sup> têm o mesmo número de elétrons.

É correto apenas o que se afirma em

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

- 13.** (UDESC) Assinale a alternativa correta. Os isótopos são átomos

- A) de um mesmo elemento químico, apresentam propriedades químicas praticamente idênticas, mas têm um número diferente de nêutrons no seu núcleo.  
 B) que têm o mesmo número de prótons e um número diferente de nêutrons no seu núcleo, apresentando propriedades químicas totalmente distintas.  
 C) de um mesmo elemento químico, apresentam propriedades químicas idênticas, mas têm um número diferente de prótons no seu núcleo.  
 D) de elementos químicos diferentes, com o mesmo número de nêutrons no seu núcleo e apresentam propriedades químicas semelhantes.  
 E) de elementos químicos diferentes, apresentam propriedades químicas distintas, mas têm o mesmo número de nêutrons no seu núcleo.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** A ideia de que os diversos materiais que compõem o Universo são formados por átomos é discutida desde a Antiguidade pelos filósofos gregos e vem se aperfeiçoando até os dias atuais. O interesse em apresentar um modelo para o átomo deve-se à necessidade de entender e explicar os diversos fenômenos observados, tais como a natureza dos raios catódicos e o desvio das partículas alfa, quando elas são bombardeadas em uma lâmina de ouro.

As ideias para os átomos que explicam os fenômenos mencionados foram propostas, respectivamente, por

- A) Dalton e Thomson. D) Demócrito e Thomson.  
 B) Demócrito e Dalton. E) Thomson e Chadwick.  
 C) Thomson e Rutherford.

- 02.** No ano de 1897, o cientista inglês J. J. Thomson fez uma importante reformulação da Teoria Atômica Clássica. Thomson estudou a natureza dos raios catódicos e descobriu que eles são partículas subatômicas: os elétrons. Dessa maneira, o cientista inglês propôs a ideia de divisibilidade do átomo, ou seja, o átomo teria uma estrutura interna com cargas elétricas negativas e positivas distribuídas de maneira uniforme por toda sua extensão.

O modelo atômico de Thomson permite explicar o seguinte fenômeno:

- A) Conservação das massas durante uma reação química.  
 B) Descontinuidade dos espectros atômicos visíveis.  
 C) Emissão de radiação eletromagnética por um sólido aquecido.  
 D) Emissão de radiações ionizantes por átomos instáveis.  
 E) Natureza corpuscular e ondulatória dos elétrons.

- 03.** O experimento de Rutherford foi um marco na história da Ciência em virtude da revolução que ele ocasionou no entendimento da estrutura atômica. Rutherford e seus colaboradores fizeram com que partículas radioativas do tipo  $\alpha$  fossem bombardeadas sobre lâminas metálicas delgadas. Para sua surpresa, as partículas  $\alpha$ , ao atravessarem uma lâmina de ouro, apresentaram comportamento diferente do esperado e sofreram grandes desvios em suas trajetórias.

De acordo com o modelo atômico proposto por J. J. Thomson, em 1897, logo após comprovar a existência de partículas subatômicas, um feixe de partículas alfa dotadas de carga positiva que incidisse sobre uma lâmina de ouro muito fina deveria passar por ela sem sofrer grandes desvios em suas trajetórias iniciais porque

- A) a carga nuclear do ouro não seria grande o suficiente para produzir um campo elétrico capaz de causar repulsão significativa nas partículas alfa.  
 B) os átomos de ouro não seriam dotados de cargas elétricas e, por isso, as partículas alfa não experimentariam força elétrica alguma.  
 C) a força elétrica resultante sobre as partículas alfa seria nula, pois cargas elétricas positivas e negativas estariam distribuídas uniformemente pelos átomos de ouro.  
 D) os elétrons do ouro apresentariam energia quantizada e, por isso, não poderiam absorver qualquer quantidade de energia. Assim, eles não poderiam interagir com as partículas alfa.  
 E) as partículas alfa se deslocariam em velocidades muito baixas e, por isso, não seriam influenciadas por campos elétricos como aquele gerado pelos átomos de ouro.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

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

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

### Propostos

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

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

### Seção Enem

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

01. C     02. A     03. C



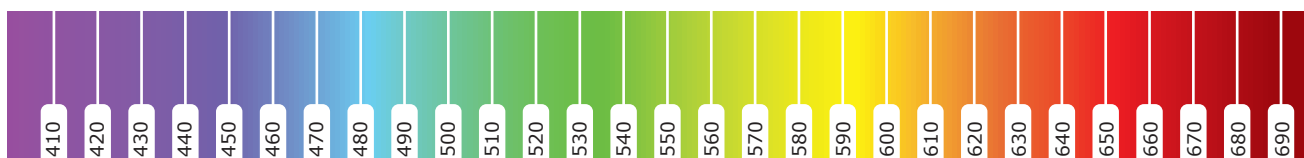
Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %



## Teoria Quântica Antiga

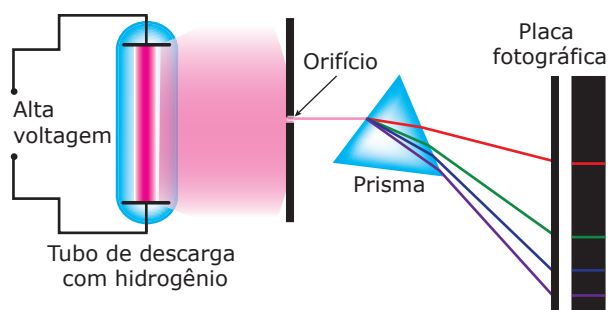
### ESPECTROS CONTÍNUOS E DESCONTÍNUOS

Quando um sólido é aquecido, ele emite radiação que independe da natureza do sólido, dependendo apenas da temperatura a qual ele está submetido. Ao passarmos essa radiação por um prisma, ocorre a sua decomposição em diferentes comprimentos de onda, produzindo um espectro de cores. Nesse espectro, o violeta funde-se ao azul; o azul, ao verde, e assim por diante, sem nenhuma interrupção. Esse espectro é denominado contínuo.



Espectro contínuo. Em destaque, os comprimentos de onda em nm.

Entretanto, nem todos os materiais produzem espectros contínuos. Ao aplicarmos uma alta voltagem a uma amostra gasosa submetida à baixa pressão, ocorre a emissão de luz. Quando passamos essa luz por um prisma, obtemos um espectro descontínuo, ou seja, que não contém luz de todos os comprimentos de onda.



Esquema do Espectro descontínuo de emissão do hidrogênio.

Apenas linhas de poucos comprimentos de onda estão presentes e são separadas por regiões negras, que correspondem aos comprimentos de onda que não foram emitidos.



Espectro de emissão do hidrogênio.

Ao substituírmos o gás submetido a baixas pressões e à alta voltagem elétrica, obtemos espectros distintos e específicos.



Espectro de emissão do hélio.



Espectro de emissão do carbono.

Se uma luz que venha de uma fonte luminosa atravessar um gás, este pode extrair determinadas energias do espectro contínuo. Então, o que vemos são linhas escuras nas zonas do espectro de onde a energia foi extraída. Essas linhas escuras são denominadas linhas de absorção.



Espectro de absorção do carbono.

**OBSERVAÇÃO**

Se superpusermos o espectro de emissão ao espectro de absorção, obteremos o espectro contínuo.

## LIMITAÇÕES DO MODELO DE RUTHERFORD



O modelo atômico de Rutherford apresentou duas limitações:

1. Segundo a Física Clássica, as partículas portadoras de carga elétrica, em movimento, emitem energia. Sendo assim, o elétron, ao descrever órbitas circulares ao redor do núcleo, emitiria constantemente energia, e sua velocidade de rotação diminuiria com o passar do tempo. Dessa forma, o elétron descreveria um movimento espiral até colidir com o núcleo.
2. Ao aplicarmos uma alta voltagem a uma amostra gasosa submetida à baixa pressão, ocorre a emissão de luz. Quando passamos essa luz por um prisma, obtemos um espectro descontínuo. Esse fenômeno não era explicado pelo modelo de Rutherford.

O modelo atômico de Bohr, que será visto a seguir, conseguia explicar os espectros descontínuos e a estabilidade dos elétrons ao descreverem órbitas circulares ao redor do núcleo.

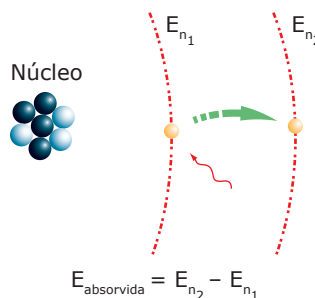
Para a construção de seu modelo, Bohr utilizou a Teoria dos *Quanta* de Max Planck. Segundo Planck, a energia não é liberada ou absorvida por átomos de forma contínua, mas na forma de pacotes de energia. A menor quantidade de energia liberada ou absorvida na forma de radiação eletromagnética foi denominada *quantum* de energia.

## MODELO DE BOHR



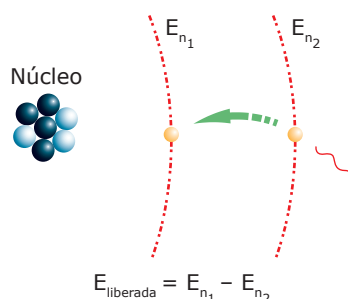
O modelo de Bohr complementou o modelo de Rutherford ao conferir às órbitas dos elétrons o caráter de conservação de energia: ao girar ao redor do núcleo, o elétron não ganha nem perde energia, pois essas órbitas são níveis estacionários de energia.

Porém, quando um elétron ganha energia, ele é promovido a um nível mais energético (mais distante do núcleo) e, logo em seguida, retorna ao nível de origem, liberando toda a energia recebida sob a forma de luz: é o chamado salto de Bohr.



$$E_{\text{absorvida}} = E_{n_2} - E_{n_1}$$

Absorção de energia (*quantum*)



$$E_{\text{liberada}} = E_{n_1} - E_{n_2}$$

Liberação de energia sob a forma de luz (*fóton*)

## Postulados de Bohr

- I. Os elétrons se movem em órbitas circulares em torno do núcleo atômico central sem perder ou ganhar energia (órbitas estacionárias).
- II. Apenas algumas órbitas concêntricas de raios e energias definidas são permitidas ao movimento circular do elétron ao redor do núcleo.
- III. Quando os elétrons passam de uma órbita para outra, um *quantum* de energia é absorvido ou emitido.
- IV. Quando elétrons absorvem ou emitem energia ao passarem de uma órbita eletrônica para outra, a energia é dada pela equação:

$$\Delta E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} \tag{1}$$

- h: constante de Planck ( $6,64 \cdot 10^{-34}$  J.s)
- $\nu$ : frequência
- c: velocidade da luz ( $3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>)
- $\lambda$ : comprimento de onda

Em 1913, Niels Bohr desenvolveu um modelo atômico que apresentava concordância quantitativa com os dados espectroscópicos obtidos para o átomo de hidrogênio. Um outro aspecto interessante do modelo de Bohr é que a matemática envolvida era de fácil compreensão. O modelo de Bohr explicava a estabilidade do átomo postulando que a energia total do elétron é constante quando este encontra-se em uma das órbitas permitidas, caracterizadas por números inteiros denominados números quânticos ( $n = 1, 2, 3\dots$ ). A frequência da radiação emitida durante uma transição eletrônica entre dois níveis é calculada pela equação:

$$\nu = \frac{E_{\text{inicial}} - E_{\text{final}}}{h} \quad (2)$$

Sendo  $E_{\text{inicial}}$  e  $E_{\text{final}}$  as energias dos diferentes estados eletrônicos, definidas, de acordo com o modelo de Bohr, como:

$$E_n = - \frac{mZ^2 e^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 2\hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad \therefore n = 1, 2, 3\dots \quad (3)$$

ALMEIDA, Wagner P. de; SANTOS, Hélio D. dos. Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria. *Revista Química Nova na escola* – cadernos temáticos. Sociedade Brasileira de Química. n. 4, maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/mod-teor.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2014. [Fragmento]

Pela análise da equação anterior, percebe-se que a diferença de energia entre dois níveis de energia consecutivos diminui quanto mais afastados eles estiverem do núcleo atômico. Por exemplo, para o hidrogênio, a diferença de energia entre o primeiro e o segundo níveis de energia é igual a 10,19 eV, já a diferença de energia entre o quinto e o sexto níveis de energia é igual a 0,17 eV.

O raio das órbitas dos elétrons, nos diferentes estados eletrônicos, é expresso como:

$$r = 4\pi\epsilon_0 \frac{n^2\hbar^2}{mZe^2} \quad \therefore n = 1, 2, 3\dots \quad (4)$$

ALMEIDA, Wagner P. de; SANTOS, Hélio D. dos. Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria. *Revista Química Nova na escola* – cadernos temáticos. Sociedade Brasileira de Química. n. 4, maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/mod-teor.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2014. [Fragmento]

Pela equação anterior, percebe-se que a diferença entre os raios de dois níveis de energia consecutivos aumenta quanto mais afastados eles estiverem do núcleo atômico. Os raios das órbitas permitidas aos elétrons são diretamente proporcionais aos números quânticos elevados ao quadrado. Por exemplo, para o hidrogênio, a diferença entre os raios do primeiro e do segundo níveis de energia é três vezes menor que a diferença entre os raios do quinto e do sexto níveis de energia.

Nas equações (3) e (4),  $m$  se refere à massa do elétron ( $m = 9,109 \cdot 10^{-31}$  kg),  $Z$  ao número atômico do átomo,  $e$ , à carga do elétron ( $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C),  $\hbar = h/2\pi$  e  $\epsilon_0$ , à permissividade do vácuo ( $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  F.m<sup>-1</sup>).

As propriedades do espectro de absorção dos átomos de um elétron também são facilmente compreensíveis em termos do modelo de Bohr. O sucesso desse modelo, medido por sua concordância com as experiências com o hidrogênio, foi impressionante, mas fez também acentuar a natureza misteriosa dos postulados nos quais se baseava o modelo.

ALMEIDA, Wagner P. de; SANTOS, Hélio D. dos. Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria. *Revista Química Nova na escola* – cadernos temáticos. Sociedade Brasileira de Química. n. 4, maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/mod-teor.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2014. [Fragmento]

Contudo, para átomos com mais de um elétron, os dados experimentais e teóricos apresentavam uma discordância, o que indicava que o modelo de Bohr poderia aceitar reformulações.

## MODELO DE SOMMERFELD

Após Bohr, Sommerfeld lançou seu modelo atômico. Esse modelo concordava com Rutherford / Bohr em todos os pontos, exceto em um: a eletrosfera. Para Sommerfeld, as órbitas dos elétrons podem ser circulares e concêntricas ou elípticas, em que o núcleo estaria no centro do círculo e em um dos focos de uma elipse.

Em 1916, Sommerfeld propôs um modelo no qual as órbitas permitidas para o movimento dos elétrons no átomo de hidrogênio seriam elípticas. Isso foi feito na tentativa de explicar a estrutura fina do espectro do átomo de hidrogênio, à qual corresponde uma separação das linhas espectrais. A estrutura fina pode ser observada somente se usarmos um equipamento de alta resolução, já que a separação, em termos de número de onda ( $1/\lambda$ ), entre as componentes adjacentes de uma única linha espectral, é da ordem de  $10^{-4}$  vezes a separação entre as linhas adjacentes. De acordo com o modelo de Bohr, isso deve significar que o que tínhamos pensado ser um único estado de energia do átomo de hidrogênio consiste, na realidade, em vários estados com energias muito próximas.

[...]

A esta teoria desenvolvida até aqui nós nos referimos como “teoria quântica antiga”. Essa teoria só é aplicável a átomos contendo um único elétron (H, H<sup>+</sup>, Li<sup>2+</sup>, etc.), além de sofrer uma crítica subjetiva segundo a qual a teoria parece, de alguma forma, não ter coerência, sendo intelectualmente insatisfatória. A nova teoria quântica proposta por Schrödinger e, independentemente, por Heisenberg, denominada “mecânica quântica”, nos fornecerá um procedimento mais geral para o tratamento de partículas de qualquer sistema microscópico.

ALMEIDA, Wagner P. de; SANTOS, Hélio D. dos. Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria. *Revista Química Nova na escola* – cadernos temáticos. Sociedade Brasileira de Química. n. 4, maio 2001. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/mod-teor.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2014. [Fragmento]

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (Fafeod-MG) O desenho a seguir representa o espectro atômico do elemento potássio, em sua porção visível.



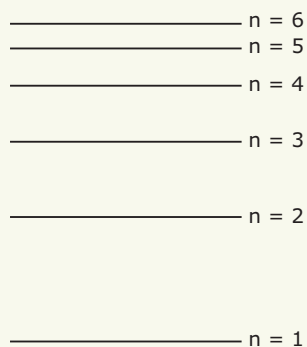
Em relação a esse espectro, são apresentadas as seguintes afirmativas:

- I. As seis linhas verticais representam radiação eletromagnética emitida pelos elétrons.
- II. A linha M corresponde à radiação eletromagnética mais energética da porção de espectro apresentada.
- III. A análise de espectros como esses está na base do desenvolvimento do modelo atômico de Thomson.
- IV. As seis linhas verticais representam diferentes subníveis do átomo de potássio.

Analisando as afirmativas anteriores e considerando que a energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda, é correto afirmar que são verdadeiras apenas as afirmativas:

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

- 02.** (UFMG) Considere os níveis de energia eletrônica do átomo de hidrogênio, ilustrados na figura a seguir:



Considerando excitações do elétron que envolvam apenas esses níveis, o número máximo de linhas de emissão é:

- A) 21
- B) 15
- C) 10
- D) 6
- E) 5

- 03.** (UFOP-MG) O modelo atômico de Bohr apresenta todas essas características, exceto

- A) O átomo apresenta núcleo positivo.
- B) Os átomos são indivisíveis.
- C) A explicação de transições eletrônicas que apresenta é superior à de Rutherford.
- D) O elétron, quando em seu nível, não ganha energia de forma espontânea.

- 04.** (UFGD-MS) Até algum tempo atrás, adolescentes colecionavam figurinhas que brilhavam no escuro. Essas figuras apresentam em sua composição uma substância chamada sulfeto de zinco (ZnS). Este fenômeno ocorre porque alguns elétrons que compõem os átomos desta substância absorvem energia luminosa e "saltam" para níveis de energia mais externos. No escuro, estes elétrons retornam aos seus níveis de origem liberando energia luminosa e fazendo a figurinha brilhar. Este fenômeno pode ser explicado considerando o modelo atômico proposto por

- A) Thomson.
- B) Dalton.
- C) Lavoisier.
- D) Bohr.
- E) Linus Pauling.

- 05.** (UFRGS-RS-2018) Considere as seguintes afirmações a respeito do experimento de Rutherford e do modelo atômico Rutherford-Bohr.

- I. A maior parte do volume do átomo é constituída pelo núcleo denso e positivo.
- II. Os elétrons movimentam-se em órbitas estacionárias ao redor do núcleo.
- III. O elétron, ao pular de uma órbita mais externa para uma mais interna, emite uma quantidade de energia bem definida.

Quais estão corretas?

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

- 06.** (UFSJ-MG) Considere a informação a seguir:

O sódio, em determinadas condições, emite luz amarela característica, como aquelas observadas em lâmpadas de iluminação urbana ou em fogos de artifício. Esse fenômeno, em termos de elétrons e de níveis de energia, é melhor explicado na alternativa:

- A) De acordo com o modelo de Bohr, a radiação é devida a elétrons de sódio, que saltam de uma camada mais externa para uma mais interna ao ganharem energia e a emitem de forma quantizada no comprimento de onda específico da cor amarela.
- B) De acordo com o modelo de Rutherford, a radiação emitida é devida a elétrons de sódio, que são removidos do átomo quando um feixe incidente de partículas alfa atinge esse átomo.
- C) De acordo com o modelo de Rutherford, a radiação emitida depende do núcleo do elemento e é devida ao ganho de energia de elétrons que saltam de uma camada mais externa para uma camada mais interna do átomo, com a absorção de energia.
- D) De acordo com o modelo de Bohr, a radiação emitida é devida a elétrons do sódio que saltam de uma camada mais interna para uma mais externa, com a absorção de energia e, ao perderem essa energia, emitem radiação sob a forma de luz amarela.

- 07.** (UFPB) A polícia científica utiliza o luminol para auxiliar nas investigações, pois esse composto permite detectar a presença de sangue. O luminol é misturado ao peróxido de hidrogênio em meio básico e borrifado na cena do crime. Se houver vestígios de sangue, ocorrerá a luminescência (emissão de luz), pois o ferro presente na hemoglobina atua como catalisador dessa reação. Esse fenômeno ocorre porque o produto dessa reação se encontra em um estado de energia mais elevado, em função de os elétrons sofrerem transições para níveis mais energéticos. Ao retornarem para níveis menos energéticos, há liberação de energia na forma de luz.

De acordo com o exposto sobre a ação do luminol e com base nos conhecimentos sobre modelos atômicos, é correto afirmar que a luminescência está de acordo com a descrição do modelo atômico proposto por:

- A) Dalton  
B) Thomson  
C) Pauling  
D) Rutherford  
E) Bohr

- 08.** (UECE-2015) A revista eletrônica mexicana *Muy Interesante* (<http://www.muyinteresante.com.mx>) revela a criação de um sorvete que brilha no escuro. Ele é produzido com uma proteína encontrada na água-viva que reage com o cálcio em pH neutro quando o sorvete é degustado. O brilho do sorvete é ocasionado por um fenômeno conhecido como

- A) luminescência.  
B) deliquescência.  
C) fluorescência.  
D) incandescência.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (Unesp-2016) A luz branca é composta por ondas eletromagnéticas de todas as frequências do espectro visível. O espectro de radiação emitido por um elemento, quando submetido a um arco elétrico ou a altas temperaturas, é descontínuo e apresenta uma de suas linhas com maior intensidade, o que fornece “uma impressão digital” desse elemento. Quando essas linhas estão situadas na região da radiação visível, é possível identificar diferentes elementos químicos por meio dos chamados testes de chama. A tabela apresenta as cores características emitidas por alguns elementos no teste de chama:

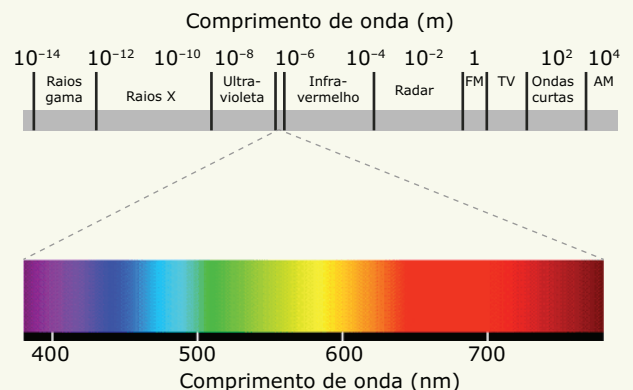
Elemento	Cor
Sódio	Laranja
Potássio	Violeta
Cálcio	Vermelho-tijolo
Cobre	Azul-esverdeado

Em 1913, Niels Bohr (1885-1962) propôs um modelo que fornecia uma explicação para a origem dos espectros atômicos. Nesse modelo, Bohr introduziu uma série de postulados, dentre os quais, a energia do elétron só pode assumir certos valores discretos, ocupando níveis de energia permitidos ao redor do núcleo atômico.

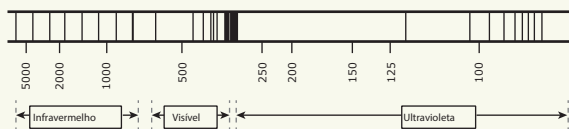
Considerando o modelo de Bohr, os diferentes espectros atômicos podem ser explicados em função

- A) do recebimento de elétrons por diferentes elementos.  
B) da perda de elétrons por diferentes elementos.  
C) das diferentes transições eletrônicas, que variam de elemento para elemento.  
D) da promoção de diferentes elétrons para níveis mais energéticos.

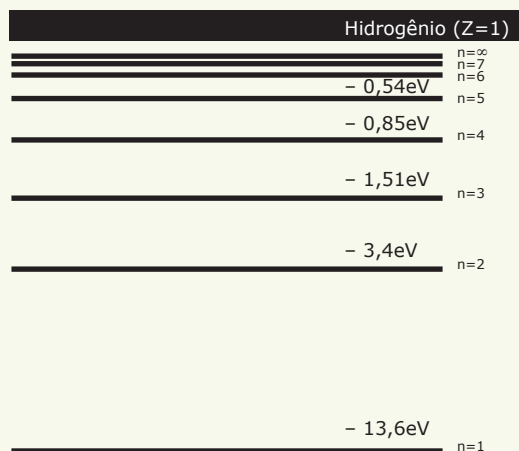
- 02.** (PUC-SP-2016) Dado: espectro eletromagnético



O espectro de emissão do hidrogênio apresenta uma série de linhas na região do ultravioleta, do visível e no infravermelho próximo, como ilustra a figura a seguir:



Niels Bohr, físico dinamarquês, sugeriu que o espectro de emissão do hidrogênio está relacionado às transições do elétron em determinadas camadas. Bohr calculou a energia das camadas da eletrosfera do átomo de hidrogênio, representadas no diagrama de energia a seguir. Além disso, associou as transições eletrônicas entre a camada dois e as camadas de maior energia às quatro linhas observadas na região do visível do espectro do hidrogênio.



Um aluno encontrou um resumo sobre o modelo atômico elaborado por Bohr e o espectro de emissão atômico do hidrogênio contendo algumas afirmações.

- I. A emissão de um fóton de luz decorre da transição de um elétron de uma camada de maior energia para uma camada de menor energia.
- II. As transições das camadas 2, 3, 4, 5 e 6 para a camada 1 correspondem às transições de maior energia e se encontram na região do infravermelho do espectro.
- III. Se a transição 3 2 corresponde a uma emissão de cor vermelha, a transição 4 2 está associada a uma emissão violeta e a 5 2 está associada a uma emissão verde.

Pode-se afirmar que está(ão) correta(s)

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

**03.** (UFMG) O teste de chama é uma técnica utilizada para a identificação de certos átomos ou íons presentes em substâncias. Nesse teste, um fio metálico é impregnado com a substância a ser analisada e, em seguida, é colocado numa chama pouco luminosa, que pode assumir a cor característica de algum elemento presente nessa substância.

Este quadro indica os resultados de testes de chama, realizados num laboratório, com quatro substâncias:

Substância	Cor da chama
$\text{HCl}$	Não se observa a cor
$\text{CaCl}_2$	Vermelho-tijolo (ou alaranjado)
$\text{SrCl}_2$	Vermelho
$\text{BaCl}_2$	Verde-amarelado

A) Indique, em cada caso, o elemento responsável pela cor observada.

Vermelho-tijolo (ou alaranjado):

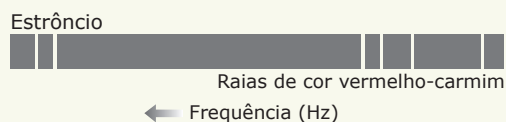
Vermelho:

Verde-amarelado:

B) Utilizando um modelo atômico em que os elétrons estão em níveis quantizados de energia, explique como um átomo emite luz no teste de chama.

(Deixe claro, em sua resposta, o motivo pelo qual átomos de elementos diferentes emitem luzes de cores diferentes.)

**04.** (UEFS-BA)



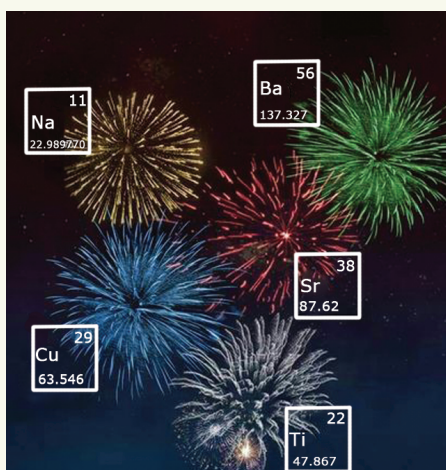
O cientista dinamarquês Niels Bohr aprimorou, em 1913, o modelo atômico de E. Rutherford, usando a teoria de Max Planck. Em 1900, Planck já havia admitido a hipótese de que a energia não seria emitida de modo contínuo, mas em quantum, isto é, pacote ou porção de energia. Surgiram, assim, os postulados de Bohr e as explicações sobre os aspectos atômicos dos elementos químicos.

Considerando-se os postulados de N. Bohr, as explicações sobre os espectros atômicos e em relação à emissão de cor vermelha no teste de chama pelo cloreto de estrôncio,  $\text{SrCl}_{2(s)}$ , é correto afirmar:

- A) A luz vermelha emitida pelo cloreto de estrôncio está relacionada à cor branca do sal que reúne todas as cores dos espectros atômicos.
- B) Ao absorverem quanta de energia da chama, os elétrons do íon  $\text{Sr}^{2+}_{(g)}$  retornam a um nível de energia mais interno.

- C) Os elétrons do cátion  $\text{Sr}^{2+}_{(g)}$ , ao retornarem de um nível de energia mais externo para outro mais interno, emitem energia, sob forma de radiação eletromagnética.
- D) A emissão de luz vermelha é propriedade dos cátions de metais alcalinoterrosos.
- E) O número de raias espectrais diminui com o crescimento do número atômico dos elementos químicos porque, com o aumento da temperatura da chama, cresce o número de transições eletrônicas.

**05.** (UEA-AM) Um aluno recebeu, na sua página de rede social, uma foto mostrando fogos de artifícios. No dia seguinte, na sequência das aulas de modelos atômicos e estrutura atômica, o aluno comentou com o professor a respeito da imagem recebida, relacionando-a com o assunto que estava sendo trabalhado, conforme mostra a foto.



Disponível em: <<http://weheartit.com>> (Adaptação).

#### Legenda das cores emitidas

Na	Ba	Cu	Sr	Ti
Amarelo	Verde	Azul	Vermelho	Branco metálico

O aluno comentou corretamente que o modelo atômico mais adequado para explicar a emissão de cores de alguns elementos indicados na figura é o de

- A) Rutherford-Bohr.                      D) Rutherford.  
 B) Dalton.                                      E) Thomson.  
 C) Proust.

**06.** (UDESC-2015) Há 130 anos nascia, em Copenhague, o cientista dinamarquês Niels Henrik Davis Bohr cujos trabalhos contribuíram decisivamente para a compreensão da estrutura atômica e da física quântica. A respeito do modelo atômico de Bohr, assinale a alternativa correta.

- A) Os átomos são, na verdade, grandes espaços vazios constituídos por duas regiões distintas: uma com núcleo pequeno, positivo e denso e outra com elétrons se movimentando ao redor do núcleo.
- B) Os elétrons que circundam o núcleo atômico possuem energia quantizada, podendo assumir quaisquer valores.
- C) É considerado o modelo atômico vigente e o mais aceito pela comunidade científica.
- D) Os saltos quânticos decorrentes da interação fóton-núcleo são previstos nesta teoria, explicando a emissão de cores quando certos íons metálicos são postos em uma chama (excitação térmica).
- E) Os átomos são estruturas compostas por um núcleo pequeno e carregado positivamente, cercado por elétrons girando em órbitas circulares.

**07.**  
IKKL

(Unicamp-SP) *Glow sticks* ou *light sticks* são pequenos tubos plásticos utilizados em festas por causa da luz que eles emitem. Ao serem pressionados, ocorre uma mistura de peróxido de hidrogênio com um éster orgânico e um corante. Com o tempo, o peróxido e o éster vão reagindo, liberando energia que excita o corante, que está em excesso. O corante excitado, ao voltar para a condição não excitada, emite luz. Quanto maior a quantidade de moléculas excitadas, mais intensa é a luz emitida. Esse processo é contínuo, enquanto o dispositivo funciona. Com base no conhecimento químico, é possível afirmar que o funcionamento do dispositivo, numa temperatura mais baixa, mostrará uma luz

- A) mais intensa e de menor duração que numa temperatura mais alta.  
 B) mais intensa e de maior duração que numa temperatura mais alta.  
 C) menos intensa e de maior duração que numa temperatura mais alta.  
 D) menos intensa e de menor duração que numa temperatura mais alta.

**08.**  
RE18

(Unifor-CE-2017) Um dos postulados de Bohr diz que em cada órbita permitida, o elétron tem uma energia constante e bem definida. Em um outro ele afirma que, quando um elétron muda de órbita, o átomo emite ou absorve um "quantum" de energia luminosa. O "quantum" é um pacote de energia. De acordo com a Teoria de Bohr, qual das seguintes transições no átomo de hidrogênio dará origem ao fóton menos energético?

$$E_1 = -2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

- A)  $n = 5$  para  $n = 3$   
 B)  $n = 6$  para  $n = 1$   
 C)  $n = 4$  para  $n = 3$   
 D)  $n = 6$  para  $n = 5$   
 E)  $n = 5$  para  $n = 4$

## SEÇÃO ENEM



**01.** (Enem-2017) Um fato corriqueiro ao se cozinhar arroz é o derramamento de parte da água de cozimento sobre a chama azul do fogo, mudando-a para uma chama amarela. Essa mudança de cor pode suscitar interpretações diversas, relacionadas às substâncias presentes na água de cozimento. Além do sal de cozinha ( $\text{NaCl}$ ), nela se encontram carboidratos, proteínas e sais minerais.

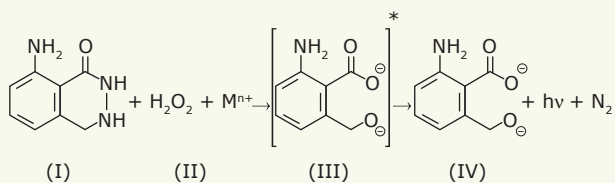
Cientificamente, sabe-se que essa mudança de cor da chama ocorre pela

- A) reação do gás de cozinha com o sal, volatilizando gás cloro.
- B) emissão de fótons pelo sódio, excitado por causa da chama.
- C) produção de derivado amarelo, pela reação com o carboidrato.
- D) reação do gás de cozinha com a água, formando gás hidrogênio.
- E) excitação das moléculas de proteínas, com formação de luz amarela.

**Instrução:** Texto para a questão **02**.

Na investigação forense, utiliza-se luminol, uma substância que reage com o ferro presente na hemoglobina do sangue, produzindo luz que permite visualizar locais contaminados com pequenas quantidades de sangue, mesmo em superfícies lavadas.

É proposto que, na reação do luminol (I) em meio alcalino, na presença de peróxido de hidrogênio (II) e de um metal de transição ( $\text{Mn}^{n+}$ ), forma-se o composto 3-aminofталato (III) que sofre uma relaxação dando origem ao produto final da reação (IV), com liberação de energia ( $h\nu$ ) e de gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ).



QUÍMICA NOVA NA ESCOLA. 25, n. 6, p. 1 003-1 011, 2002  
(Adaptação).

- 02.** (Enem) Na reação do luminol, está ocorrendo o fenômeno de
- A) fluorescência, quando espécies excitadas por absorção de uma radiação eletromagnética relaxam, liberando luz.
  - B) incandescência, um processo físico de emissão de luz que transforma energia elétrica em energia luminosa.
  - C) quimiluminescência, uma reação química que ocorre com liberação de energia eletromagnética na forma de luz.
  - D) fosforescência, em que átomos excitados pela radiação visível sofrem decaimento, emitindo fótons.
  - E) fusão nuclear a frio, por meio de reação química de hidrólise com liberação de energia.

## GABARITO

Meu aproveitamento

## Aprendizagem

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

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

## Propostos

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

- 01. C
- 02. A
- 03.
- A)

Vermelho-tijolo (ou alaranjado)	Vermelho	Verde-amarelado
Cálcio	Estrôncio	Bário

- B) Os elétrons descrevem órbitas ao redor do núcleo que são quantizadas e estacionárias em relação à energia. Ao absorver calor, os elétrons são excitados a níveis de energia mais afastados do núcleo. Todavia, esses elétrons retornam a um nível de menor energia, mais próximo do núcleo, emitindo a diferença de energia entre eles na forma de luz. Como essa variação de energia entre os níveis é diferente para átomos de elementos químicos distintos, obtemos diferentes cores no espectro de emissão.
- 04. C
- 05. A
- 06. E
- 07. C
- 08. D

## Seção Enem

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

- 01. B
- 02. C



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



## Teoria Quântica Moderna

### PRINCÍPIO DA DUALIDADE

Em 1924, Louis de Broglie propôs a existência de ondas de matéria. A hipótese de De Broglie era de que o comportamento dual onda-partícula da radiação também se aplicava à matéria. Assim, como um fóton tem associada a ele uma onda luminosa que governa seu movimento, também uma partícula material (por exemplo, um elétron) tem associada a ela uma onda de matéria que governa seu movimento. Foi proposto que os aspectos ondulatórios da matéria fossem relacionados com seus aspectos corpusculares exatamente da mesma forma quantitativa com que esses aspectos são relacionados para a radiação. Assim, tanto para a matéria quanto para a radiação, as seguintes relações são válidas:  $E = h \cdot \nu$  e  $p = h/\lambda$ , em que  $E$  e  $p$  são, respectivamente, a energia total e o momento linear da partícula. O comprimento de onda de De Broglie é, portanto, definido como:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

sendo  $m$  e  $v$  a massa e a velocidade da partícula, respectivamente.

Apesar de a relação de De Broglie ser aplicada a todas as substâncias físicas, o comprimento de onda associado a partículas macroscópicas é muito pequeno, não sendo possível observar o comportamento ondulatório (difração, interferência, etc.). Alguns exemplos são apresentados a seguir.

Exemplos da aplicação da relação de De Broglie:

#### 1. Cálculo do comprimento de onda de De Broglie

$\left( \lambda = \frac{h}{mv} \right)$  para um elétron de massa  $9,1 \cdot 10^{-31}$  kg movendo-se à velocidade de  $1,0 \cdot 10^6$  m.s<sup>-1</sup>.

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}}{(9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}) \cdot (1,0 \cdot 10^6 \text{ m.s}^{-1})}$$

$$\lambda = 7,3 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cong 7 \text{ \AA}$$

#### 2. Cálculo do comprimento de onda de De Broglie

$\left( \lambda = \frac{h}{mv} \right)$  para um corpo de massa  $5 \cdot 10^{-3}$  kg movendo-se à velocidade de  $1$  m.s<sup>-1</sup>.

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}}{(5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}) \cdot (1 \text{ m.s}^{-1})}$$

$$\lambda = 1,32 \cdot 10^{-31} \text{ m}$$

ALMEIDA, Wagner P. de; SOARES, Hélio D. dos. Modelos teóricos para a compreensão da estrutura da matéria.

*Química Nova na Escola* – cadernos temáticos. Sociedade Brasileira de Química. n. 4, maio 2001.

Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/04/mod-teor.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2014. [Fragmento]

### PRINCÍPIO DA INCERTEZA

Em 1926, Werner Heisenberg, diante da constatação de que é impossível determinar a posição e o momento linear de um elétron simultaneamente, enuncia o seu Princípio da Incerteza. A partir de então, foi abandonada a ideia de órbitas para os elétrons e passou-se a utilizar para eles uma descrição probabilística. A incerteza na posição de um elétron em um átomo ( $\Delta x$ ) multiplicada pela incerteza no momento ( $\Delta p$ ) nunca deve ser menor que  $\frac{h}{2}$ . Isso quer dizer que, se desejarmos conhecer o momento (ou a velocidade) de um corpo muito pequeno, como um elétron, com grande exatidão ( $\Delta p \rightarrow 0$ ), devemos aceitar uma incerteza muito grande na posição ( $\Delta x \rightarrow \infty$ ), tal que:

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{2}$$

$$\Delta p = \Delta(mv); \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

## MODELO ATÔMICO ATUAL

Erwin Schrödinger propôs uma equação que descreve o comportamento do elétron tanto como partícula quanto como onda, denominada equação fundamental da mecânica quântica. A resolução dessa equação nos apresenta um conjunto de funções que denominamos funções de onda, que descrevem o comportamento ondulatório do elétron.

As funções de onda abrangem o Princípio da Incerteza de Heisenberg e, a partir delas, encontramos a probabilidade de encontrar um elétron em uma dada região do espaço ao redor do núcleo. A região do espaço, ao redor do núcleo, onde é máxima a probabilidade de encontrarmos um elétron, é denominada **orbital**.

Sendo assim, esse novo modelo descreve precisamente a energia dos elétrons, e a localização desses elétrons é dada em termos de probabilidade.



1B0N

### Orbitais atômicos

Assista ao vídeo "Orbitais atômicos" e repare nos orbitais que descrevem as regiões no espaço, ao redor do núcleo, de maior probabilidade de se encontrar um elétron. Bons estudos!

## NÚMEROS QUÂNTICOS

A resolução da equação fundamental da mecânica quântica fornece três números, denominados números quânticos. Cada número quântico pode ter muitos valores, e cada combinação permitida desses valores oferece uma solução para a equação de onda. Essas combinações descrevem certas características dos elétrons, tais como energia e distribuição espacial.

### Número quântico principal ( $n$ )

Número inteiro positivo que representa o nível energético principal do elétron. O valor de  $n$  representa o raio relativo da nuvem eletrônica. O aumento dos valores de  $n$  corresponde ao aumento da energia para o elétron.

### Número quântico secundário ou azimutal ( $\ell$ )

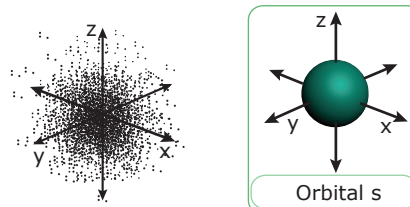
É o número que indica a forma da nuvem eletrônica. Formas particulares de nuvens eletrônicas acham-se associadas a cada valor de  $\ell$ .

Os valores numéricos de  $\ell$  estão associados aos valores de  $n$  e podem variar de 0 até  $n - 1$ .

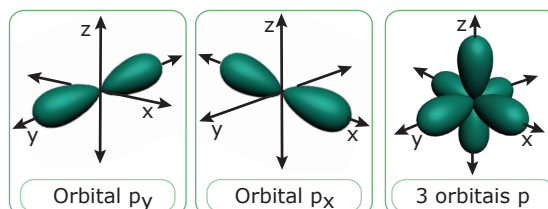
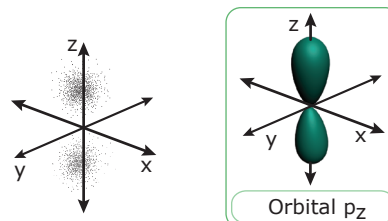
Notações comuns para o número quântico secundário  $\ell = 0, 1, 2, 3$  e  $4$  são  $s, p, d, f$  e  $g$ . Por exemplo, um elétron  $s$  tem uma distribuição esférica no espaço, um orbital  $p$  tem uma distribuição em forma de halteres, e assim por diante, independentemente do nível energético principal. Os valores de  $\ell$  indicam as formas dos orbitais, mas não as dimensões das nuvens eletrônicas, pois a probabilidade de se encontrar um elétron a grandes distâncias do núcleo é limitada.

## Orbitais atômicos

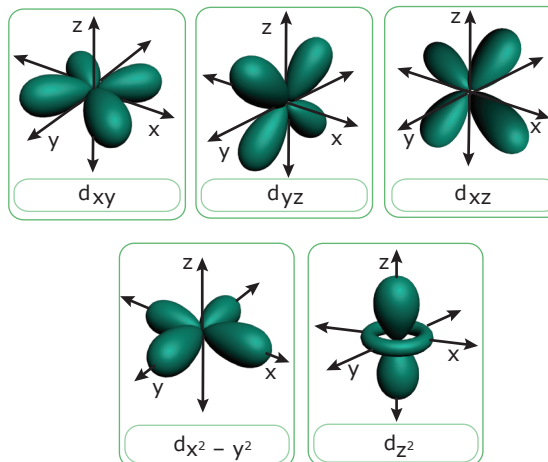
### Orbital "s"



### Orbitais "p"



### Orbitais "d"



Orbitais são regiões ao redor do núcleo em que é máxima a probabilidade de se encontrar um elétron.

Para átomos com mais de um elétron, devemos considerar as repulsões elétron-elétron, bem como as atrações elétron-núcleo. Sendo assim, verificamos que diferenças em valores de  $\ell$ , entre dois elétrons do mesmo nível energético principal, conduzem a diferenças na energia, devido aos percursos seguidos pelos elétrons. Por essa razão, os diversos valores de  $\ell$  definem subníveis de energia.

## Número quântico magnético ( $m_\ell$ )

É um número associado às orientações permitidas, no espaço, para uma nuvem eletrônica. Os valores numéricos de  $m_\ell$  são inteiros, estão associados aos valores de  $\ell$  e podem variar de  $-\ell$  até  $+\ell$ .

O número de orientações permitidas está diretamente relacionado à forma da nuvem eletrônica. Quando  $\ell = 0$ , há uma única orientação, uma vez que essa é uma distribuição esférica. Quando  $\ell = 1$ , existem três orientações permitidas. Os eixos desses três orbitais em forma de halteres estão a  $90^\circ$  uns dos outros. Eles são designados  $p_x$ ,  $p_y$  e  $p_z$ , correspondendo a maiores concentrações de carga ao longo das três coordenadas cartesianas. Quando  $\ell = 2$ , existem cinco orientações permitidas. Três orientações ao longo da bissetriz das três coordenadas cartesianas ( $d_{xz}$ ,  $d_{yz}$  e  $d_{xy}$ ), uma concentrada ao longo do eixo  $z$  ( $d_{z^2}$ ) e outra nos eixos  $x$  e  $y$  ( $d_{x^2 - y^2}$ ).

Todos os orbitais de um subnível devem ter a mesma energia num átomo isolado. Por exemplo, elétrons nos orbitais  $p_x$ ,  $p_y$  e  $p_z$  têm energias idênticas, porque diferem apenas em direção, não diferem no tamanho ou na forma de sua distribuição. Quando um átomo interage com outros átomos ou com um campo elétrico, o arranjo espacial e a energia dos orbitais podem modificar-se.

## Número quântico spin ( $m_s$ )

Há um quarto número quântico que não deriva da equação de Schrödinger. Essa equação predizia frequência para as linhas espectrais que não eram exatamente as obtidas experimentalmente.

Em 1925, Goudsmit e Uhlenbeck propuseram uma explicação para esses minúsculos desvios. Eles sugeriram que um elétron se comporta em alguns aspectos como uma esfera girando em torno de seu eixo. Essa propriedade é denominada spin.

O número quântico spin possui apenas dois valores permitidos,  $+1/2$  e  $-1/2$ , indicando que um elétron pode girar em torno de seu próprio eixo no sentido horário ou anti-horário, respectivamente.

## NÍVEIS DE ENERGIA

Os elétrons estão distribuídos em sete camadas ao redor do núcleo. Elas são representadas pelas letras K, L, M, N, O, P e Q, sucessivamente, a partir do núcleo.

Os elétrons de um átomo têm diferentes energias. A localização deles na eletrosfera depende de suas energias. À medida que as camadas se afastam do núcleo, aumenta a energia potencial dos elétrons nelas distribuídos.

As camadas da eletrosfera representam os níveis de sua energia. Assim, as camadas K, L, M, N, O, P e Q constituem os  $1^\circ$ ,  $2^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $4^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $6^\circ$  e  $7^\circ$  níveis de energia, respectivamente.

## DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA DOS ELEMENTOS

Para distribuímos os elétrons em suas respectivas camadas eletrônicas, devemos utilizar o diagrama de Linus Pauling, obtido a partir do modelo atômico atual (modelo da mecânica quântica):

1s			
2s	2p		
3s	3p	3d	
4s	4p	4d	4f
5s	5p	5d	5f
6s	6p	6d	
7s	7p		

As letras s, p, d e f são subníveis, e os números 1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7 são os níveis eletrônicos. Os subníveis de energia são formados a partir de orbitais. Um orbital é a "residência" de um elétron.

Veja a seguir a representação dos orbitais.

Subnível	Representações de orbitais
s	□
p	□□□
d	□□□□□
f	□□□□□□□

Cada "caixinha" é um orbital e, em cada orbital, podemos colocar, no máximo, 2 elétrons. Então, o número máximo de elétrons existentes em um subnível é:

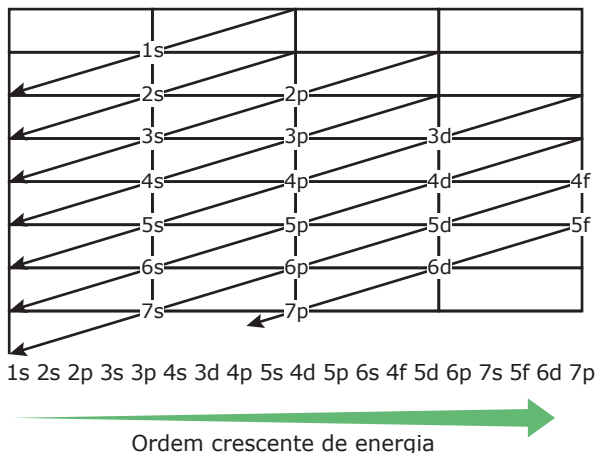
Subnível	N. máximo de elétrons
s	2
p	6
d	10
f	14

Se somarmos o número máximo de elétrons em cada subnível no diagrama de Pauling, encontraremos o número máximo de elétrons em cada camada.

	Diagrama				N. prático máximo de e <sup>-</sup>
K	1s <sup>2</sup>				2
L	2s <sup>2</sup>	2p <sup>6</sup>			8
M	3s <sup>2</sup>	3p <sup>6</sup>	3d <sup>10</sup>		18
N	4s <sup>2</sup>	4p <sup>6</sup>	4d <sup>10</sup>	4f <sup>14</sup>	32
O	5s <sup>2</sup>	5p <sup>6</sup>	5d <sup>10</sup>	5f <sup>14</sup>	32
P	6s <sup>2</sup>	6p <sup>6</sup>	6d <sup>10</sup>		18
Q	7s <sup>2</sup>	7p <sup>6</sup>			8

A distribuição eletrônica deve ser feita de modo que os subníveis sejam totalmente preenchidos para que possamos passar para outro subnível. Essa ordem de preenchimento é energética, ou seja, o subnível de menor energia é preenchido primeiro.

O sentido de preenchimento é mostrado na figura a seguir:



Façamos agora alguns exemplos de distribuições eletrônicas em ordem energética.

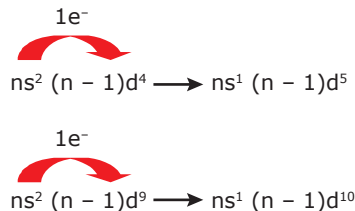
- O (Z = 8) ⇒ 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>4</sup>
- Na (Z = 11) ⇒ 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>1</sup>
- P (Z = 15) ⇒ 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>3</sup>
- Cl (Z = 17) ⇒ 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>5</sup>
- Ca (Z = 20) ⇒ 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>6</sup> 4s<sup>2</sup>
- Sc (Z = 21) ⇒ 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>6</sup> 4s<sup>2</sup> 3d<sup>1</sup>
- Fe (Z = 26) ⇒ 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>6</sup> 4s<sup>2</sup> 3d<sup>6</sup>
- Ce (Z = 58) ⇒ 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>6</sup> 4s<sup>2</sup> 3d<sup>10</sup> 4p<sup>6</sup> 5s<sup>2</sup> 4d<sup>10</sup> 5p<sup>6</sup> 6s<sup>2</sup> 4f<sup>2</sup>

**OBSERVAÇÃO**

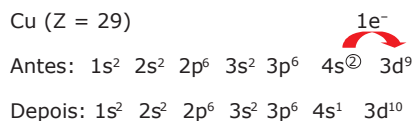
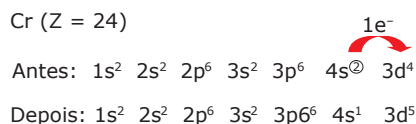
Esses átomos são neutros, então, seu número de elétrons é igual ao seu número atômico.

**Distribuições irregulares**

As distribuições eletrônicas terminadas em ns<sup>2</sup>(n - 1)d<sup>4</sup> e ns<sup>2</sup>(n - 1)d<sup>9</sup> não devem permanecer assim; um elétron do orbital s deverá ser transferido para esses orbitais, transformando-os em s<sup>1</sup>d<sup>5</sup> e s<sup>1</sup>d<sup>10</sup>. Veja o esquema a seguir:



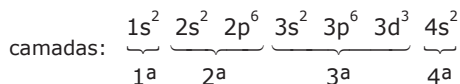
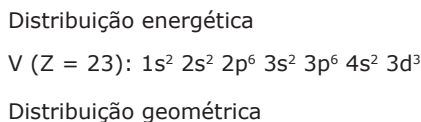
**Exemplos:**



**Distribuição eletrônica em ordem geométrica**

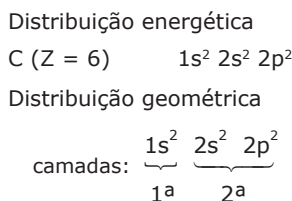
É a distribuição em que colocamos as camadas em ordem de distanciamento do núcleo.

**Exemplo:**



Algumas vezes, a distribuição energética é idêntica à distribuição geométrica.

**Exemplo:**



## Distribuição eletrônica por orbitais

Um elétron pode ser representado por uma semisseta:  $\uparrow$  ou  $\downarrow$ . Em um orbital, sempre que tivermos dois elétrons, devemos representá-los por  $\uparrow\downarrow$ , jamais  $\uparrow\uparrow$  ou  $\downarrow\downarrow$ .

As semissetas simbolizam elétrons com seus respectivos números quânticos magnéticos spin ( $m_s$ ). Em cada orbital, somente é permitida a existência de, no máximo, dois elétrons emparelhados  $\uparrow\downarrow$ , com spins contrários ( $+1/2$  ou  $-1/2$ ), para garantir que a atração magnética compense a repulsão elétrica entre os elétrons. Elétrons emparelhados  $\uparrow\uparrow$  ou  $\downarrow\downarrow$  apresentam repulsão magnética e elétrica e não podem permanecer juntos no mesmo orbital.

A distribuição eletrônica por orbitais é aquela que representa os elétrons por setas em seus respectivos orbitais. Para efetuar tal distribuição, devemos seguir a Regra de Hund e o Princípio da Exclusão de Pauli.

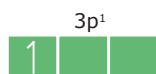
## Regra de Hund

Cada orbital deve possuir um elétron de representação  $\uparrow$  para depois ser preenchido com outro elétron  $\downarrow$ .

**Exemplo:** Distribuição de cinco elétrons em um orbital do tipo **d**.

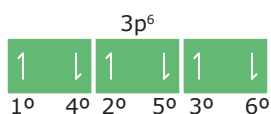


**Outros exemplos:**



### OBSERVAÇÃO

Ordem de preenchimento:



## Princípio da Exclusão de Pauli

Dois elétrons em um mesmo orbital não podem apresentar os quatro números quânticos iguais, pois, se isso ocorrer, a repulsão elétrica (devido às suas cargas negativas) não será compensada pela atração magnética (gerada pelo movimento em sentidos contrários em torno do eixo dos elétrons).

## Distribuição eletrônica de íons

Inicialmente, devemos definir subnível de valência.

**Subnível de valência**  $\Rightarrow$  É o subnível mais distante do núcleo.

**Exemplo:**

Zn ( $Z = 30$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$   
O subnível  $4s^2$  é o mais distante do núcleo.

Então, o subnível  $3d^{10}$  é o mais energético na distribuição do zinco (Zn).

**Subnível mais energético**  $\Rightarrow$  É o subnível que aparece por último na distribuição energética.

Algumas vezes, o subnível de valência coincide com o subnível mais energético; isso só ocorre quando a distribuição energética é idêntica à distribuição geométrica.

**Exemplo:**

Ca ( $Z = 20$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$   
 $4s^2$  é o subnível de valência e também o mais energético.

Agora, nós temos condições de demonstrar a distribuição eletrônica de íons. Quando quisermos fazer a distribuição de cátions (perdem  $e^-$ ) e ânions (ganham  $e^-$ ), basta retirarmos elétrons do subnível de valência, ou a ele acrescentarmos elétrons.

**Exemplos:**

- $Ca^{2+}$  ( $Z = 20$ )  $\Rightarrow$  perdeu 2  $e^-$   
átomo neutro  $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$   
Devemos retirar 2 elétrons do subnível de valência  $4s$ .  
cátion  $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- $Cl^-$  ( $Z = 17$ )  $\Rightarrow$  ganhou 1  $e^-$   
átomo neutro  $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$   
Devemos acrescentar 1 elétron ao subnível de valência  $3p$ .  
ânion  $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- $V^{3+}$  ( $Z = 23$ )  $\Rightarrow$  perdeu 3  $e^-$   
átomo neutro  $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$

Devemos retirar 3 elétrons do subnível de valência, porém, o subnível  $4s$  possui apenas 2 elétrons. Ao fazermos a retirada de seus dois elétrons, o novo subnível de valência passa a ser o subnível  $3d$ , de onde deveremos retirar o elétron restante.

cátion  $\Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFMG) O modelo atômico atual apresenta uma descrição probabilística para os elétrons. Esse modelo inclui todos os seguintes conceitos, exceto
- Energias quantizadas
  - Nêutrons
  - Núcleos atômicos
  - Órbitas eletrônicas
  - Prótons
- 02.** (UCB-DF-2017) O estágio da tecnologia, da informática e das comunicações é decorrente, entre muitas causas, da compreensão profunda acerca da estrutura fina da matéria. O conhecimento da estrutura atômica dos materiais nos deu a oportunidade da construção de novos materiais, bem como da utilização de novos processos que alavancaram a eletrônica e a computação. Quanto à estrutura fina da matéria e ao histórico dos modelos atômicos, assinale a alternativa correta.
- Atualmente sabe-se que as menores partículas da natureza são os átomos.
  - O modelo atômico atual preconiza a existência de regiões de maior probabilidade do movimento eletrônico. Tais regiões são os orbitais, que podem ter formas volumétricas, como a esfera.
  - Os elétrons ocupam órbitas circulares ou elípticas ao redor de um núcleo atômico de carga elétrica positiva.
  - A corrente elétrica em um circuito é decorrente do movimento dos prótons dos átomos.
  - O modelo atômico proposto por Thomson propõe a existência de pequenas partículas neutras: os nêutrons.
- 03.** (CMMG) Com relação ao modelo atômico moderno, um estudante fez as seguintes afirmativas:
- A posição de um elétron, no átomo, pode ser determinada com exatidão.
  - Em um átomo, os orbitais são regiões do espaço que podem ser ocupadas por elétrons.
  - A cada orbital atômico podem ser associados 4 números quânticos com valores definidos.
- Analisando as afirmativas do estudante, conclui-se que
- nenhuma é correta.
  - todas são corretas.
  - apenas uma é correta.
  - apenas duas são corretas.
- 04.** (UEG-GO-2016) De acordo com o modelo atômico atual, a disposição dos elétrons em torno do núcleo ocorre em diferentes estados energéticos, os quais são caracterizados pelo número quântico principal e secundário.

Para o elétron mais energético do átomo de escândio no estado fundamental, os números quânticos principal e secundário são, respectivamente,

- 3 e 0.
- 3 e 2.
- 4 e 0.
- 4 e 2.

- 05.** (FMP-RJ) O chumbo é um metal pesado que pode contaminar o ar, o solo, os rios e alimentos. A absorção de quantidades pequenas de chumbo por longos períodos pode levar a uma toxicidade crônica, que se manifesta de várias formas, especialmente afetando o sistema nervoso, sendo as crianças as principais vítimas.

Sendo o número atômico (Z) do chumbo igual a 82, o íon plumboso ( $\text{Pb}^{2+}$ ) possui os elétrons mais energéticos no subnível:

- $6p^2$
- $6s^2$
- $6p^4$
- $5d^{10}$
- $4f^{14}$

- 06.** (UFOP-MG) Considere as seguintes configurações eletrônicas, que podem ser de estado fundamental ou excitado:

- $1s^2 2s^2 2p^1$
- $1s^2 2s^3 2p^0$
- $1s^2 2s^1 2p^3$
- $1s^3 2s^1$
- $1s^2 2s^1 2p^7$
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$

De acordo com o Princípio da Exclusão de Pauli, o número de configurações impossíveis, entre as representadas, é:

- 2
- 3
- 4
- 5

- 07.** Faça a distribuição em subníveis de energia para os elétrons dos íons  ${}_7\text{N}^{3-}$  e  ${}_{23}\text{V}^{3+}$ .

- 08.** (UNIRIO-RJ) Os sais de  $\text{Cr}^{6+}$  são, em geral, solúveis no pH biológico e têm fácil penetração. Daí a sua toxicidade para seres humanos. Por outro lado, os compostos de  $\text{Cr}^{3+}$  são pouco solúveis nesse pH, o que resulta em dificuldade de passar para o interior das células. Indique a alternativa que corresponde à configuração eletrônica do íon  $\text{Cr}^{3+}$ .

**Dado:**  $[\text{Ar}] \Rightarrow$  Argônio ( $Z = 18$ ).

- $[\text{Ar}] 4s^2 3d^1$
- $[\text{Ar}] 3d^2$
- $[\text{Ar}] 3d^3$
- $[\text{Ar}] 4s^2 3d^4$
- $[\text{Ar}] 4s^1 3d^5$

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UDESC) Assinale a alternativa correta sobre o modelo atômico atual.
- O número de prótons é sempre igual ao número de nêutrons, em todos os átomos.
  - Os elétrons se comportam como partículas carregadas, girando ao redor do núcleo em órbitas definidas.

- C) A descrição probabilística de um elétron em um orbital p gera uma forma esférica em torno do núcleo.
- D) Orbital é a região mais provável de se encontrar o elétron a uma certa distância do núcleo.
- E) Os átomos são formados pelas partículas elétrons, prótons e nêutrons, cujas massas são semelhantes.

02.  
7YIN

(UFGD-MS) No modelo atômico da mecânica quântica, os elétrons são descritos por quatro diferentes números quânticos: número quântico principal; número quântico secundário; número quântico magnético; número quântico de spin. Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, os significados físicos desses números.

- A) tamanho do átomo; probabilidade de encontrar o elétron; magnetismo do átomo; rotação do elétron em torno de si mesmo.
- B) raio nuclear; região de probabilidade; magnetismo do átomo e rotação do elétron em torno do átomo.
- C) atração dos elétrons pelo núcleo; forma plana da região que o elétron ocupa; magnetismo do átomo; rotação do elétron em torno do núcleo.
- D) nível principal de energia do elétron; forma espacial da região que o elétron ocupa; orientação espacial do orbital atômico e rotação do elétron em torno de si mesmo.
- E) energia do elétron; forma espacial do orbital molecular; orientação espacial do orbital; rotação do elétron em torno de si mesmo.

03.  
CY8A

(UDESC) O último elétron de um átomo neutro apresenta o seguinte conjunto de números quânticos:  $n = 3$ ;  $\ell = 1$ ;  $m = 0$ ;  $s = +1/2$ . Convencionando-se que o primeiro elétron a ocupar um orbital possui número quântico de spin igual a  $+1/2$ , o número atômico desse átomo é igual a:

- A) 15  
B) 14  
C) 13  
D) 17  
E) 16

04. (UFES) Com relação à estrutura do átomo, é correto afirmar:

- A) O número de massa é a soma do número de elétrons mais o número de prótons.
- B) O número quântico magnético varia de 0 a  $(n - 1)$ .
- C) O número quântico secundário varia de  $-1$  a  $+1$ , passando por zero.
- D) No núcleo do átomo, há prótons e nêutrons e, na eletrosfera, elétrons.
- E) Quando o número quântico magnético é zero, o número quântico principal pode ser zero ou um.

05. (UEM-PR) Assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

01. Os orbitais do tipo s apresentam forma esférica, sendo que o volume dessa esfera varia em função do seu nível de energia.
02. Os três orbitais p do átomo de oxigênio têm o mesmo tamanho e a mesma forma, mas diferem entre si na orientação espacial.
04. Uma combinação possível de números quânticos  $n$  e  $\ell$  é  $n = 2$  com  $\ell = 2$ .

08. O íon ferroso apresenta cinco elétrons desemparelhados distribuídos em orbitais d.

16. O conjunto de números quânticos que caracteriza o elétron mais energético do átomo de escândio, no seu estado fundamental, pode ser dado por  $n = 3$ ,  $\ell = 2$ ,  $m = -2$  e  $m_s = -1/2$ .

Soma ( )

06.  
020I

(UECE-2017) Na distribuição eletrônica do  ${}_{38}\text{Sr}^{88}$ , o 17º par eletrônico possui os seguintes valores dos números quânticos (principal, secundário, magnético e spin):

- A) 4, 2, 0,  $-1/2$  e  $+1/2$ .  
B) 4, 1, 0,  $-1/2$  e  $+1/2$ .  
C) 4, 1,  $+1$ ,  $-1/2$  e  $+1/2$ .  
D) 4, 2,  $-1$ ,  $-1/2$  e  $+1/2$ .

07.  
ISJG

(UECE-2015) A regra de Hund, como o próprio nome indica, foi formulada pela primeira vez, em 1927, pelo físico alemão Friedrich Hund. Ele partiu diretamente da estrutura nuclear, já conhecida e medida, das moléculas e tentou calcular as orbitais moleculares adequadas por via direta, resultando na regra de Hund. Essa regra afirma que a energia de um orbital incompleto é menor quando nela existe o maior número possível de elétrons com spins paralelos. Considerando a distribuição eletrônica do átomo de enxofre em seu estado fundamental ( $Z = 16$ ), assinale a opção que apresenta a aplicação correta da regra de Hund.

- A)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^2 3p_z^0$   
B)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^1 3p_z^1$   
C)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^2 3p_y^0 3p_z^2$   
D)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p_x^1 3p_y^2 3p_z^1$

08. (EBMSP-2017) A realização excessiva de exames de maneira indistinta é vista hoje como um dos mais graves problemas da saúde pública. Além dos custos elevados, há questionamentos sobre o impacto real desses testes na mortalidade. Entre os exames questionados estão o teste do antígeno prostático específico, PSA, feito pelo exame de sangue, para diagnóstico do câncer de próstata; a mamografia anual para as mulheres a partir de 40 anos; e, para avaliar o coração, procedimentos como tomografias, cintilografias, ecocardiografias; além da ressonância por estresse farmacológico, realizada com administração de medicação vasodilatadora, como a adenosina, e de contrastes intravenosos para realçar as imagens obtidas na ressonância, a exemplo de soluções constituídas por complexos químicos que apresentam íons gadolínio,  $\text{Gd}^{3+}$ , na estrutura.

Disponível em: <<http://istoe.com.br>>.

Acesso em: abr. 2017 (Adaptação).

Considerando que a configuração eletrônica do átomo de gadolínio,  ${}_{64}\text{Gd}^{157}$ , em ordem crescente de energia, é representada de maneira simplificada por  $[\text{Xe}]6s^2 5d^1 4f^7$ ,

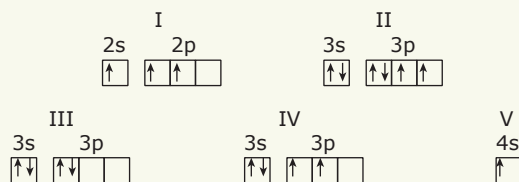
- A) indique o número de prótons e de nêutrons no núcleo desse átomo.
- B) escreva a configuração eletrônica do íon  $\text{Gd}^{3+}$ .

**09.** (UERJ) O selênio é um elemento químico essencial ao funcionamento do organismo, e suas principais fontes são o trigo, as nozes e os peixes. Nesses alimentos, o selênio está presente em sua forma aniônica  $\text{Se}^{2-}$ . Existem na natureza átomos de outros elementos químicos com a mesma distribuição eletrônica desse ânion. O símbolo químico de um átomo que possui a mesma distribuição eletrônica desse ânion está indicado em:

- A) Kr                                      C) As  
B) Br                                        D) Te

**10.** (UFPB) A contribuição da Química para o aumento do bem-estar humano está associada ao conhecimento sobre a influência da configuração eletrônica dos elementos na reatividade, propriedade fortemente relacionada à camada de valência típica de cada elemento. Conforme as restrições impostas pelo modelo quântico, os elétrons não se encontram dispostos aleatoriamente nos orbitais atômicos.

Considere as representações de configurações eletrônicas na camada de valência:



Com base nessas informações, é correto afirmar que a configuração eletrônica representada em

- A) I corresponde à camada de valência do boro.  
B) II infringe o princípio de exclusão de Pauli.  
C) III infringe uma das regras para o preenchimento dos orbitais.  
D) IV corresponde à camada de valência do enxofre.  
E) V corresponde à camada de valência do íon  $\text{Ca}^{2+}$ .

**11.** (FGV) Uma nova e promissora classe de materiais supercondutores tem como base o composto diboreto de zircônio e vanádio. Esse composto é sintetizado a partir de um sal de zircônio (IV).

PESQUISA FAPESP, jun. 2013 (Adaptação).

O número de prótons e de elétrons no íon  $\text{Zr}^{4+}$  e o número de elétrons na camada de valência do elemento boro no estado fundamental são, respectivamente,

**Dados:** Zr ( $Z = 40$ ); B ( $Z = 5$ ).

- A) 36; 40; 5.  
B) 36; 40; 3.  
C) 40; 44; 3.  
D) 40; 36; 5.  
E) 40; 36; 3.

## GABARITO

Meu aproveitamento 

### Aprendizagem

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

01. D  
 02. B  
 03. C  
 04. B  
 05. D  
 06. B  
 07.  ${}_{7}\text{N}^{3-}: 1s^2 2s^2 2p^6$   
 ${}_{23}\text{V}^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$   
 08. C

### Propostos

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

01. D  
 02. D  
 03. B  
 04. D  
 05. Soma = 19  
 06. C  
 07. B  
08.  
 A) prótons = 64  
nêutrons = 93  
 B)  $[\text{Xe}]4f^7$   
 09. A  
 10. C  
 11. E



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



## Os Sistemas Químicos e suas Transformações

### INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA QUÍMICA



#### Química? O quê? Por quê? Para quê?

A Química é uma ciência que está diretamente ligada à nossa vida cotidiana. A produção do pão, a digestão dos alimentos, os medicamentos, os combustíveis, as tintas, o cimento, a borracha de seu tênis, os tecidos de seu vestuário, a atmosfera de Marte, a natureza animada e inanimada e até a vida e a morte são processos que estão ligados direta ou indiretamente ao grande universo químico. É isso aí! A Química está em todos os momentos do seu dia e sem ela não teríamos o conforto da sociedade moderna, pois a civilização que não a dominasse continuaria no Período Pré-Histórico.

Ela é tão importante que a ONU chegou a propor que o enquadramento de um país no bloco dos países desenvolvidos ou subdesenvolvidos dependeria da diversidade e do desenvolvimento de sua indústria de transformação de matéria, a Indústria Química.

Você quer ver como sem ela nós não viveríamos? Neste exato momento, o ato de ler só é possível porque inúmeras substâncias químicas de seu cérebro estão atuando transmitindo as respostas sensorio-motoras. Vamos descobrir o mundo interessante, misterioso e mágico que é a Química.

### CONCEITOS



#### Matéria

A Química está particularmente interessada nos fenômenos químicos, e o seu objeto de estudo é a transformação da matéria.

**Matéria** é todo sistema que possui massa e ocupa lugar no espaço.

Alguns exemplos de matéria são vidro, madeira, borracha, ar, etc. Quanto à energia térmica, esta não possui massa nem ocupa lugar no espaço; então, ela não pode ser considerada matéria. A definição de matéria é muito ampla. Para facilitar o estudo, analisamos uma parte ou porção limitada que denominamos **corpo**. Caso esse corpo possua uma finalidade para o homem, ele também será denominado **objeto**.

**Exemplos:** cadeira de madeira, mesa de vidro, chinelo de borracha, etc.

Assim, papel é matéria, e caderno de papel é um corpo e também um objeto.

A matéria é formada por substâncias (na maioria das vezes, constituídas por moléculas), e estas, pelas unidades fundamentais, que são os átomos. Existem materiais diferentes, pois as substâncias que os formam são diferentes. Isso só é possível porque existem 118 tipos de elementos químicos conhecidos atualmente, cujos átomos podem combinar-se, unir-se, para formar infinitos tipos de substâncias.

### Sistema

A Química é uma ciência experimental. Para fazer experiências com um determinado material, o químico precisa isolar uma porção desse material do resto do universo.

**Sistema** é uma parte do universo considerada como um todo para efeito de estudo.

Os sistemas são classificados em dois tipos:

#### A) Sistema homogêneo:

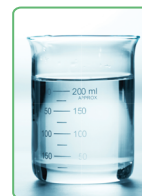
É todo sistema que

- apresenta as mesmas propriedades em qualquer parte de sua extensão examinada;
- apresenta um aspecto uniforme em toda a sua extensão, mesmo quando examinado com aparelhos ópticos.

#### Exemplos:



Água



Água + Álcool



Água + Sal dissolvido

istockphoto

**B) Sistema heterogêneo:**

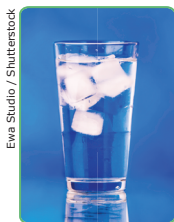
É todo sistema que

- não apresenta as mesmas propriedades em qualquer parte de sua extensão;
- não apresenta aspecto uniforme em toda a sua extensão quando examinado (com ou sem aparelhos ópticos).

**Exemplos:**



Óleo + Água + Areia



Gelo + Água

**Fases**

Todo sistema heterogêneo é constituído de várias porções que, separadamente, são homogêneas.

**Fases** são as diferentes partes homogêneas que constituem um sistema heterogêneo.

Pela definição de fase, conclui-se que

- todo sistema homogêneo é monofásico, isto é, constituído de única fase;
- todo sistema heterogêneo é polifásico, isto é, constituído de duas ou mais fases. De acordo com o número de fases, os sistemas heterogêneos podem ser bifásicos, trifásicos, tetrafásicos, etc.

O termo "sistema monofásico" é usado como sinônimo de sistema homogêneo, e o termo "sistema polifásico" é usado como sinônimo de sistema heterogêneo.

**OBSERVAÇÕES**

1. Todo sistema constituído apenas de gases em equilíbrio é monofásico, não há exceção.

**Exemplo:** O ar atmosférico isento de partículas em suspensão é uma mistura gasosa, portanto, um sistema homogêneo ou monofásico.

Os principais componentes do ar são:

- Nitrogênio (78% em volume)
- Oxigênio (21% em volume)
- Argônio (menos de 1% em volume)

2. Os sistemas formados por dois ou mais sólidos são polifásicos ou heterogêneos.

**Exemplos:**

- Granito { Quartzo (sólido)  
Feldspato (sólido)  
Mica (sólido)

O granito constitui um sistema heterogêneo ou polifásico, no caso particular, trifásico (fase quartzo + fase feldspato + fase mica).

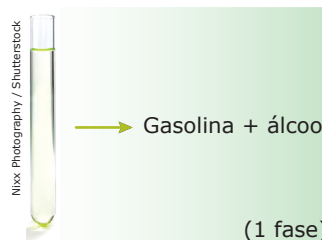
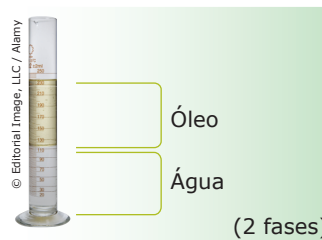
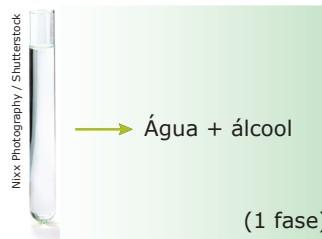
- Pólvora { Carvão (sólido)  
Enxofre (sólido)  
Salitre (sólido)

A pólvora constitui um sistema heterogêneo ou polifásico, no caso particular, trifásico (fase carvão + fase enxofre + fase salitre).

Não há como preparar um sistema homogêneo partindo de materiais sólidos. As ligas metálicas são misturas homogêneas de metais que primeiramente são fundidos e, depois, misturados para formar solução sólida.

3. No caso de sistema formado por líquidos, só é possível fazer algum tipo de previsão quando se conhece a polaridade dos líquidos.

**Exemplos:**



Fases de três sistemas diferentes.

## ELEMENTOS E SUBSTÂNCIAS

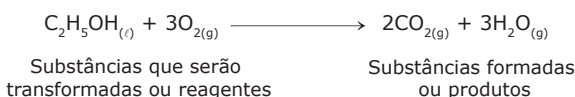
### Representação das substâncias

As substâncias químicas são representadas por fórmulas. A mais comum é a fórmula molecular, que indica quais os elementos químicos e quantos átomos desses elementos existem em um aglomerado de átomos. No caso da água, temos  $H_2O$ , em que H e O são os elementos hidrogênio e oxigênio, respectivamente. Os números subscritos às letras são os índices, que indicam a existência de 2 átomos de hidrogênio e 1 de oxigênio em uma molécula de água.

#### OBSERVAÇÕES

1. O índice 1 é ocultado nas fórmulas das substâncias.
2. Quando uma substância sofre um fenômeno químico, dizemos que houve uma reação química formando novas substâncias. A reação química é representada por uma equação química.

**Exemplo:** A queima do álcool comum:



## Tipos de substâncias

Podemos classificar as substâncias de acordo com o número de elementos químicos encontrados em sua fórmula ou pelo seu grau de pureza.

#### A) Quanto ao número de elementos químicos:

- Substância simples ou elementar – Formada por um único elemento químico.

**Exemplos:**  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $H_2$ , He,  $C_{\text{grafita}}$ ,  $C_{\text{diamante}}$ ,  $S_{\text{rômbico}}$ ,  $S_{\text{monoclínico}}$ ,  $P_{\text{branco}}$ ,  $P_{\text{vermelho}}$ , etc.

- Substância composta ou composto químico – Formada por mais de um elemento químico. Possui composição definida de acordo com a Lei de Proust.

**Exemplos:**  $H_2O$ ,  $C_6H_{12}O_6$ ,  $NaCl$ ,  $AlCl_3$ , etc.

#### B) Quanto ao grau de pureza:

- Substância pura – Só possui um tipo de aglomerado de átomos, ou seja, não existe outra substância presente no recipiente que a contém.

**Exemplo:** Água tridestilada.

- Mistura – Reunião de duas ou mais substâncias em um mesmo recipiente sem a alteração das características individuais destas, pois, se isso ocorrer, teremos uma reação química, e não uma mistura. As misturas, muitas vezes, são formadas por mais de um elemento químico, assim como as substâncias compostas, mas diferem delas por não possuírem composição definida.

**Exemplos:** Ar, água de chuva, água do mar, gasolina, gás de cozinha, etc.

A maioria dos materiais é encontrada na natureza em forma de misturas; por isso, iremos estudá-las um pouco mais a fundo.

#### A) Mistura homogênea:

Possui uma única fase, um só aspecto.

**Exemplos:** Água e álcool comum; água e sal dissolvido.

As misturas homogêneas são formadas por um solvente e por um ou mais solutos. O solvente é a substância que dissolve e está em maior quantidade na mistura. O soluto é a substância que será dissolvida e está em menor quantidade na mistura.

#### Exemplos:

Água e sal  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Solvente: água} \\ \text{Soluto: sal} \end{array} \right.$

Álcool hidratado:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Solvente: álcool} \\ \text{Soluto: água} \end{array} \right.$   
(96% álcool e 4%  $H_2O$ )

#### B) Mistura heterogênea:

Possui mais de uma fase, mais de um aspecto.

**Exemplo:** Mistura de água, areia e óleo (trifásico).

#### OBSERVAÇÕES

1. Um sistema com mais de três fases é denominado polifásico.
2. Quando uma substância está mudando de estado físico, temos um sistema heterogêneo, e não uma mistura heterogênea, pois, nesse sistema, existe apenas uma substância.

**Exemplo:** Gelo e água líquida é um sistema bifásico, pois, nessa amostra, só existe a substância água.

3. Água e óleo se misturam? Sim. Formam uma mistura heterogênea, porém não se dissolvem. Não confunda dissolver com misturar.

Algumas misturas importantes e seus principais componentes:

Mistura	Principais componentes
Ar	Nitrogênio e oxigênio
Água do mar	Água, cloreto de sódio e outros sais
Vinagre	Água e ácido acético
Álcool hidratado	Etanol (96%) e água (4%)
Gás de bujão (GLP)	Propano e butano
Gasolina	Hidrocarbonetos (compostos de C e H) com 5 a 10 carbonos
Querosene	Hidrocarbonetos com 10 a 16 carbonos
Granito	Quartzo, feldspato e mica
Pólvora	Salitre, carvão e enxofre
Ouro 18 quilates	75% ouro; 12,5% cobre e 12,5% de prata

#### OBSERVAÇÃO

O ouro 100% é de 24 quilates, por convenção.

## TRANSFORMAÇÕES DOS MATERIAIS



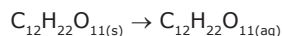
A Ciência Moderna estuda três tipos de fenômenos:

### Fenômenos físicos

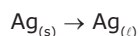
Transformações físicas que não alteram a estrutura interna da matéria, isto é, não mudam a identidade química das substâncias nem dos átomos.

#### Exemplos:

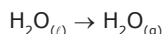
- O choque entre duas bolas de bilhar.
- Dissolução de sacarose em água:



- Fusão da prata:



- Evaporação das águas oceânicas:

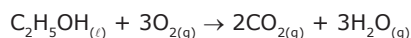


### Fenômenos químicos

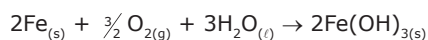
São fenômenos que mudam a identidade química das substâncias, mas a identidade dos átomos se conserva.

#### Exemplos:

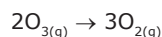
- Queima do etanol:



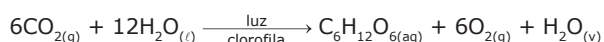
- Ferrugem:



- Destruição do ozônio estratosférico:



- Fotossíntese:



### Fenômenos nucleares

São fenômenos em que nem mesmo átomos se conservam, isto é, os átomos mudam a sua identidade química (transmutação).

#### Exemplos:

- Decaimento alfa:  $^{210}\text{Po} \rightarrow ^{206}\text{Pb} + \alpha$
- Decaimento beta:  $^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137}\text{Ba} + \beta$
- Fusão nuclear:  $^2\text{H} + ^3\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + n$

#### OBSERVAÇÃO

Os fenômenos biológicos são fenômenos físicos ou químicos que ocorrem nos seres vivos.

## PROPRIEDADES GERAIS DA MATÉRIA



Todo sistema apresenta propriedades que nos permitem classificá-lo como sistema material (matéria) ou como sistema não material.

As propriedades que nos permitem classificar um sistema como sistema material são denominadas propriedades gerais da matéria. Ou seja, são propriedades que todos os sistemas materiais – corpos – apresentam. Essas propriedades são: massa, extensão, impenetrabilidade, compressibilidade, elasticidade, divisibilidade e inércia.

### Massa

Massa é a quantidade de matéria que forma um corpo.

### Extensão

A extensão corresponde ao espaço ocupado, ao volume ou à dimensão de um corpo.

### Impenetrabilidade

A impenetrabilidade corresponde à impossibilidade de dois corpos, ao mesmo tempo, ocuparem o mesmo lugar no espaço.

### Compressibilidade

Compressibilidade é a capacidade de reduzir o volume de um corpo quando submetido a uma compressão.

### Elasticidade

Elasticidade é a capacidade que os corpos sólidos apresentam de retornarem à sua forma inicial quando deixa de atuar sobre eles uma força que promove deformação (distorção).

## Divisibilidade

Divisibilidade é a qualidade que os corpos apresentam de poderem ser divididos em porções cada vez menores sem alterarem a sua constituição.

## Inércia

Inércia é a capacidade que um corpo apresenta de não poder, por si só, modificar a sua condição de movimento ou de repouso.

## PROPRIEDADES ESPECÍFICAS DA MATÉRIA



As propriedades que nos permitem distinguir uma espécie de matéria de outra são denominadas propriedades específicas da matéria. As propriedades específicas podem ser propriedades físicas, químicas ou organolépticas.

### Propriedades físicas

São propriedades que caracterizam individualmente uma substância sem que haja alteração da composição dessa substância.

**Exemplos:** Temperatura de fusão, temperatura de ebulição, densidade, solubilidade, calor específico, etc.

### Propriedades químicas

São propriedades que caracterizam individualmente uma substância por meio da alteração da composição dessa substância.

**Exemplos:** Decomposição térmica do carbonato de cálcio, originando gás carbônico e óxido de cálcio; oxidação do ferro, originando a ferrugem, etc.

### Propriedades organolépticas

São propriedades que impressionam um dos cinco sentidos (olfato, visão, tato, audição e paladar).

**Exemplos:** Cor, sabor, odor, brilho, etc.

## PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA MATÉRIA



As propriedades que nos permitem agrupar substâncias por apresentarem propriedades químicas semelhantes são denominadas propriedades funcionais da matéria.

### Exemplos:

- Ácidos de Arrhenius são substâncias que, em contato com metais alcalinos e alcalinoterrosos, produzem sais e gás hidrogênio.
- Os compostos fenólicos são neutralizados por bases fortes, produzindo fenolatos e água.

## PROPRIEDADES EXTENSIVAS DA MATÉRIA



As propriedades que dependem das dimensões (tamanho ou extensão) dos corpos são denominadas extensivas.

**Exemplos:** Massa e volume – duas amostras de um mesmo material de tamanhos diferentes apresentam massas e volumes diferentes. Outros exemplos de propriedades extensivas: quantidade de matéria em mols, área superficial, energia térmica, energia interna, entalpia, entropia, energia livre de Gibbs e corrente elétrica.

## PROPRIEDADES INTENSIVAS DA MATÉRIA



As propriedades que não dependem das dimensões (tamanho ou extensão) dos corpos são denominadas intensivas.

**Exemplo:** Temperatura – duas amostras de tamanhos diferentes podem apresentar a mesma temperatura. Outros exemplos de propriedades intensivas: pressão, pontos de fusão e de ebulição, concentração ( $\text{mol.L}^{-1}$ ) e viscosidade. Algumas propriedades intensivas são derivadas (obtidas) de outras grandezas extensivas, por exemplo, a densidade. Por definição, densidade é a razão entre a massa de uma amostra e o volume ocupado por ela. Matematicamente, essa definição é expressa por:

$$d = \frac{m}{V}$$

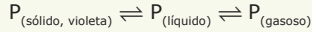
Como é possível duas propriedades extensivas, massa e volume, originarem uma propriedade intensiva, a densidade?

Quando dobramos a massa de uma amostra, dobramos também o volume dessa amostra e, portanto, a razão  $\frac{m}{V}$  permanece a mesma, independentemente dos valores individuais de massa e de volume.

# EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



**01.** (UFRGS-RS) Na temperatura de 595 °C e na pressão de 43,1 atm, o fósforo apresenta o seguinte equilíbrio:



Esse sistema apresenta

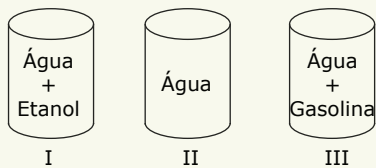
- A) 1 componente e 2 fases.
- B) 1 componente e 3 fases.
- C) 3 componentes e 1 fase.
- D) 3 componentes e 2 fases.
- E) 3 componentes e 3 fases.

**02.** (Unesp) Uma amostra de água do Rio Tietê, que apresentava partículas em suspensão, foi submetida a processos de purificação, obtendo-se, ao final do tratamento, uma solução límpida e cristalina.

Em relação às amostras de água antes e após o tratamento, podemos afirmar que correspondem, respectivamente, a

- A) substâncias composta e simples.
- B) substâncias simples e composta.
- C) misturas homogênea e heterogênea.
- D) misturas heterogênea e homogênea.
- E) mistura heterogênea e a substância simples.

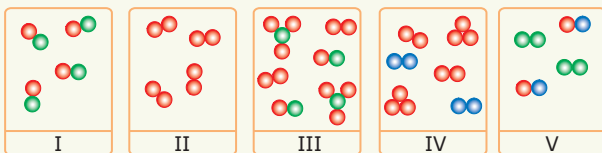
**03.** (UFLA-MG) Considere os sistemas a seguir.



Os sistemas I, II e III correspondem, respectivamente, a

- A) mistura heterogênea, substância composta, mistura heterogênea.
- B) mistura homogênea, substância simples, mistura heterogênea.
- C) mistura homogênea, substância simples, mistura homogênea.
- D) mistura homogênea, substância composta, mistura heterogênea.

**04.** (4SVK) Os itens a seguir são relativos a este esquema em que estão representados cinco sistemas (I a V), formados por moléculas constituídas por três tipos de átomo (A, B e C) representados por ●, ● e ●, respectivamente.



- A) Qual(is) desse(s) sistema(s) é(são) substância(s) pura(s)?
- B) Qual(is) desse(s) sistema(s) é(são) mistura(s)?

- C) Qual(is) desse(s) sistema(s) é(são) substância(s) simples?
- D) Qual(is) desse(s) sistema(s) é(são) substância(s) composta(s)?
- E) Qual o número de componentes de cada sistema?
- F) Qual o número de elementos que entram na composição de cada sistema?

**05.** (UFU-MG) Analise os processos a seguir. Marque aquele que não representa uma transformação química.

- A) Oxidação de ferramenta.
- B) Queimada da floresta.
- C) Evaporação do álcool.
- D) Digestão de sanduíche.

**06.** (UESPI) "Era uma triste imagem: um carro velho queimando gasolina (1) e poluindo o ambiente. A lataria toda amassada (2) e enferrujada (3). A água do radiador fervendo (4). Para tristeza de João, o dono do carro, estava na hora de aposentar aquela lata-velha a que ele tanto tinha afeição."

Observa-se neste pequeno texto que (1), (2), (3) e (4), são, respectivamente, fenômenos

- A) químico, físico, físico e físico.
- B) químico, físico, químico e físico.
- C) físico, químico, químico e físico.
- D) físico, químico, físico e químico.
- E) físico, químico, químico e químico.

**07.** (PUCPR) Os fenômenos a seguir são exemplos de fenômenos químicos.

- I. O vinho, que é transformado em vinagre pela ação da bactéria *Acetobacter acetil*. O leite, que é transformado em coalhada pela a ação dos micro-organismos *Lactobacillus bulgaricus* e *Streptococcus thermophilus*.
  - II. A planta captura CO<sub>2</sub> da atmosfera e o transforma em seiva, liberando O<sub>2</sub>.
  - III. O processo de digestão dos alimentos.
  - IV. O ímã atrai a limalha de ferro sob a ação magnética.
  - V. É possível transformar o metal cobre em fios e em lâminas.
- A) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
  - B) Apenas a assertiva I está correta.
  - C) Todas as assertivas estão corretas.
  - D) Apenas a assertiva II está correta.
  - E) Apenas as assertivas I, II e III estão corretas.

**08.** (UNIFESP-2018) Considere as seguintes propriedades dos materiais: massa, volume, dureza, densidade, cor, transparência, permeabilidade, temperatura de fusão e condutividade elétrica.

- A) Quais dessas propriedades são consideradas propriedades gerais dos materiais? Justifique sua resposta.
- B) Quais dessas propriedades devem, necessariamente, ser levadas em consideração para a escolha de um material a ser utilizado na confecção de painéis?

EXERCÍCIOS  
PROPOSTOS

- 01.** (FGV) A química é responsável pela melhora em nossa qualidade de vida e está inserida em nosso cotidiano de muitas formas em substâncias e misturas que constituem diversos materiais.

Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, substância simples, substância composta, mistura homogênea e mistura heterogênea.

- A) Água, granito, alumínio, aço.  
B) Água, aço, alumínio, granito.  
C) Alumínio, aço, água, granito.  
D) Alumínio, água, aço, granito.  
E) Alumínio, água, granito, aço.

- 02.** (UEL-PR) Um rapaz pediu sua namorada em casamento, presenteando-a com uma aliança de ouro 18 quilates. Para comemorar, sabendo que o álcool é prejudicial à saúde, eles brindaram com água gaseificada com gelo, ao ar livre. Os sistemas: ouro 18 quilates, água gaseificada com gelo e ar atmosférico são, respectivamente,

- A) substância heterogênea, mistura heterogênea e mistura homogênea.  
B) mistura heterogênea, mistura homogênea e substância homogênea.  
C) substância homogênea, mistura heterogênea e mistura homogênea.  
D) mistura homogênea, mistura heterogênea e mistura homogênea.  
E) mistura heterogênea, substância homogênea e substância heterogênea.

- 03.** (PUC RS) Em geral, os materiais não são feitos de elementos puros, nem são substâncias simples. Sobre misturas e substâncias, é correto afirmar que

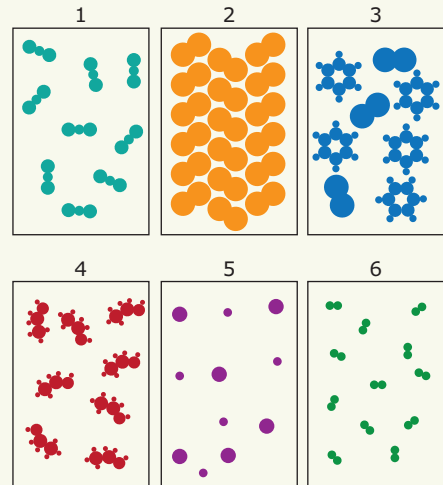
- A) os componentes de uma substância não podem ser separados por processos físicos.  
B) as propriedades de uma mistura não estão relacionadas com as propriedades dos seus componentes.  
C) as misturas são sistemas heterogêneos e as substâncias são sistemas homogêneos.  
D) a composição de uma substância é variável.

- 04.** (Unimontes-MG) O ouro denominado branco, usado em confecção de joias, contém dois elementos: ouro e paládio. Duas amostras distintas de ouro branco diferem em relação às quantidades de ouro e paládio que contêm.

Sabendo-se que ambas apresentam composição uniforme, pode-se afirmar corretamente que o ouro branco é

- A) um material heterogêneo.  
B) uma solução sólida.  
C) uma substância composta.  
D) uma mistura heterogênea.

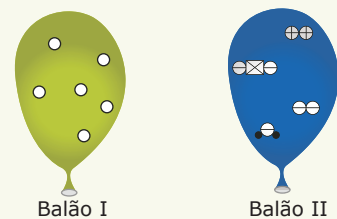
- 05.** (FUVEST-SP-2018) Considere as figuras pelas quais são representados diferentes sistemas contendo determinadas substâncias químicas. Nas figuras, cada círculo representa um átomo, e círculos de tamanhos diferentes representam elementos químicos diferentes.



A respeito dessas representações, é correto afirmar que os sistemas

- A) 3, 4 e 5 representam misturas.  
B) 1, 2 e 5 representam substâncias puras.  
C) 2 e 5 representam, respectivamente, uma substância molecular e uma mistura de gases nobres.  
D) 6 e 4 representam, respectivamente, uma substância molecular gasosa e uma substância simples.  
E) 1 e 5 representam substâncias simples puras.

- 06.** (UFRJ) Uma festa de aniversário foi decorada com dois tipos de balões. Diferentes componentes gasosos foram usados para encher cada tipo de balão. As figuras observadas representam as substâncias presentes no interior de cada balão.



- A) Indique quantos elementos diferentes e quantas substâncias simples diferentes existem nos balões.  
B) Classifique o tipo de sistema de cada balão quanto à homogeneidade.

- 07.** (CEFET-MG) Para iniciar o preparo de um bolo de maçã, uma dona de casa **acendeu a chama de um forno** a gás, usando fósforos. Em seguida, descascou e cortou as maçãs, acrescentando-as à mistura da massa já preparada, levando-a para o forno pré-aquecido. Com o passar do tempo, **o volume do bolo expandiu devido ao fermento adicionado** e, após o período de cozimento, a dona de casa retirou o bolo para servir um lanche que seria acompanhado de sorvete. Ao abrir a geladeira, verificou que o mesmo **estava derretendo**. Após o lanche, recolheu as sobras das maçãs, **em processo de escurecimento**, para descartá-las.

As seqüências destacadas correspondem, respectivamente, a fenômenos

- A) químico, físico, físico e físico.
- B) físico, físico, químico e químico.
- C) físico, químico, químico e físico.
- D) químico, químico, físico e químico.

- 08.** (UFT-TO) No nosso dia a dia, convivemos com vários processos que são denominados de fenômenos físicos e fenômenos químicos. Fenômenos físicos são aqueles em que ocorrem mudanças de fase da matéria sem alterar sua composição química. Já os fenômenos químicos são aqueles que ocorrem com alteração da composição química das substâncias. Qual das alternativas a seguir contém somente fenômenos químicos?
- A) Formação da ferrugem, apodrecimento de uma fruta, queima da palha de aço, fotossíntese pelas plantas.
  - B) Queima da pólvora, evaporação da água, combustão da gasolina, formação de gelo.
  - C) Secagem da roupa no varal, metabolismo do alimento em nosso organismo, centrifugação de sangue.
  - D) Combustão do etanol, destilação do petróleo, explosão de fogos de artifício, fusão do sal de cozinha.
  - E) Formação de geada, secagem de roupas, formação de nuvens, derretimento do gelo.

## SEÇÃO ENEM

- 01.** (Enem–2016) Algumas práticas agrícolas fazem uso de queimadas, apesar de produzirem grandes efeitos negativos. Por exemplo, quando ocorre a queima de palha de cana-de-açúcar, utilizada na produção de etanol, há emissão de poluentes como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  e materiais particulados (MP) para a atmosfera. Assim, a produção de biocombustíveis pode, muitas vezes, ser acompanhada da emissão de vários poluentes.

CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. M. D.; PEREIRA, E. A. Biocombustível: o mito do combustível limpo. *Química Nova na Escola*, n. 28, maio 2008 (Adaptação).

Considerando a obtenção e o consumo desse combustível, há transformação química quando

- A) o etanol é armazenado em tanques de aço inoxidável.
  - B) a palha de cana-de-açúcar é exposta ao Sol para secagem.
  - C) a palha da cana e o etanol são usados como fonte de energia.
  - D) os poluentes  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  e MP são mantidos intactos e dispersos na atmosfera.
  - E) os materiais particulados (MP) são espalhados no ar e sofrem deposição seca.
- 02.** O nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ), isto é, o salitre, é utilizado empiricamente desde a Idade Média, talvez até desde Roma. Em 1891, o biólogo M. Polenski mostrou que, na carne, bactérias o transformam em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ).

Em 1929, observou-se que os nitritos inibem o desenvolvimento de bactérias. A descrição hoje está completa: a salgação, com o emprego do salitre, é um procedimento de conservação eficaz, porque os íons nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) do salitre são transformados em íons nitrito, que matam as bactérias.

THIS, Hervé. *Um cientista na cozinha*. São Paulo: Ática, 2012. [Fragmento]

O salitre é um(a)

- A) sistema puro heterogêneo.
- B) mistura heterogênea.
- C) mistura de elementos.
- D) sistema trifásico.
- E) composto químico.

## GABARITO

Meu aproveitamento 

### Aprendizagem

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

- 01. B
- 02. D
- 03. D
- 04.
  - A) I e II.
  - B) III, IV e V.
  - C) II.
  - D) I.
  - E) I) 1; II) 1; III) 3; IV) 3; V) 2.
  - F) I) 2; II) 1; III) 2; IV) 2; V) 3.
- 05. C
- 06. B
- 07. E

08.

- A) Das propriedades citadas no enunciado da questão são gerais (comuns a todo e qualquer material): massa e volume.
- B) Propriedades que devem, necessariamente, ser levadas em consideração para a escolha de um material a ser utilizado na confecção de painéis, entre outras: temperatura de fusão, permeabilidade e dureza.

### Propostos

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

- 01. D
- 02. D
- 03. A
- 04. B
- 05. C
- 06.
  - A) Balão I: 1 elemento e 1 substância simples. Balão II: 4 elementos e 2 substâncias simples. Total de elementos diferentes: 5. Total de substâncias simples: 3.
  - B) Balão I: sistema homogêneo. Balão II: sistema homogêneo.
- 07. D
- 08. A

### Seção Enem

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

- 01. C
- 02. E



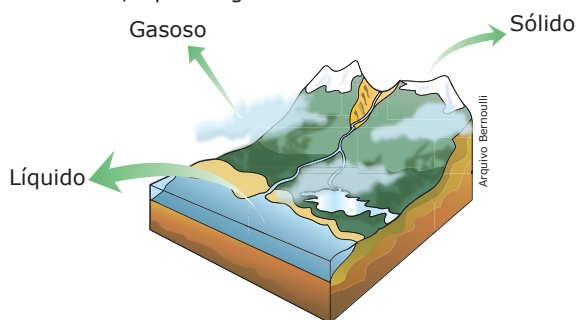
Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %



## Mudanças de Estado Físico

### ESTADOS FÍSICOS

Na natureza, a matéria pode apresentar-se em três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.



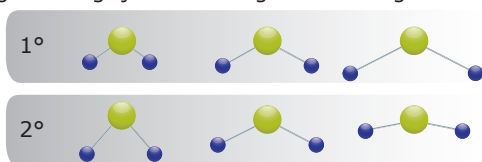
Estados físicos da água.

As unidades estruturais que compõem uma substância são as mesmas, independente do seu estado físico (também denominado fase de agregação). Em termos de estrutura interna, as principais diferenças entre os estados físicos devem-se às diferenças de energias potenciais e cinéticas dessas unidades.

A energia potencial está relacionada às ligações químicas que se estabelecem entre as unidades estruturais que compõem a substância, de forma que, quanto mais intensas forem as ligações, menor será a energia potencial.

Já a energia cinética está relacionada ao movimento das partículas que compõem a substância. Esses movimentos podem ser de três tipos: vibracional, rotacional e translacional.

Os movimentos vibracionais são aqueles que relacionam os movimentos dos átomos em torno das ligações interatômicas. A figura a seguir representa moléculas de água em dois tipos de movimentos vibracionais: o primeiro consiste no alongamento e na compressão da ligação entre oxigênio (representado pela esfera maior) e hidrogênio (representado pelas esferas menores). Já o segundo consiste na variação do ângulo de ligação entre oxigênio e hidrogênio.



As moléculas de água apresentam movimentos vibracionais conforme o esquema.

Os movimentos rotacionais consideram os deslocamentos em torno dos próprios eixos da molécula, conforme mostrado na figura a seguir:



Esquema representativo dos movimentos rotacionais em uma molécula.

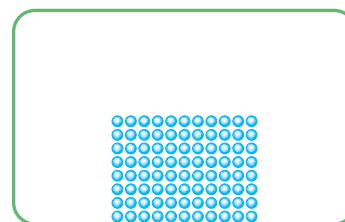
Finalmente, os movimentos translacionais consideram os deslocamentos das moléculas no espaço.

### O estado sólido

No estado sólido, as partículas que o constituem estão bem próximas umas das outras, formando redes (conjunto de partículas que estão conectadas umas às outras) de longa extensão. Essas partículas possuem apenas movimento vibracional (oscilam em torno de um ponto de equilíbrio), o que confere a esse estado forma e volume definidos, bem como alta organização.

No estado sólido, as partículas vibram com baixas velocidades, possuindo, assim, baixa energia cinética. Como as forças de atração entre as partículas são altas, esse é o estado de menor energia interna.

Esquema:



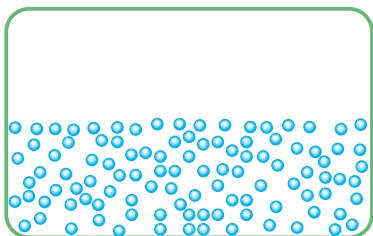
### O estado líquido

No estado líquido, as partículas estão um pouco mais afastadas do que no estado sólido, efetuando movimentos vibracionais, rotacionais e translacionais de curto alcance, à velocidade e à energia cinética medianas.

A presença de movimentos translacionais confere ao estado líquido forma variável. A grande proximidade entre as partículas torna um líquido praticamente incompressível, pois é necessária uma pressão muito elevada para produzir uma redução de volume muito pequena.

Como a energia cinética e as forças de atração entre essas partículas são medianas, o estado líquido apresenta energia interna mediana.

Esquema:



## O estado gasoso

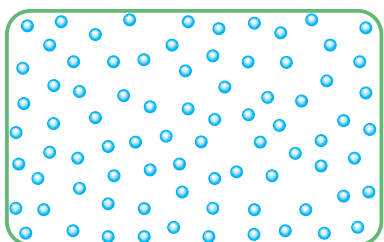
As partículas que formam o estado gasoso estão totalmente afastadas e apresentam grande movimentação (têm movimento vibracional, rotacional e translacional).

As forças de atração entre suas partículas são baixas, conferindo a esse estado um alto grau de desordem, pois uma partícula se movimenta independentemente de suas vizinhas.

O estado gasoso é bastante diferente dos demais, possuindo forma e volume variáveis; os gases tomam a forma e o volume do recipiente que os contém. Um sistema gasoso apresenta altas compressibilidade e dilatabilidade, porque suas partículas estão distantes e podem ser aproximadas ou afastadas com facilidade.

Praticamente toda a energia das partículas gasosas é energia cinética, pois as forças de atração entre suas partículas são baixas. Contudo, a energia interna do estado gasoso é maior que a dos estados sólido e líquido.

Esquema:

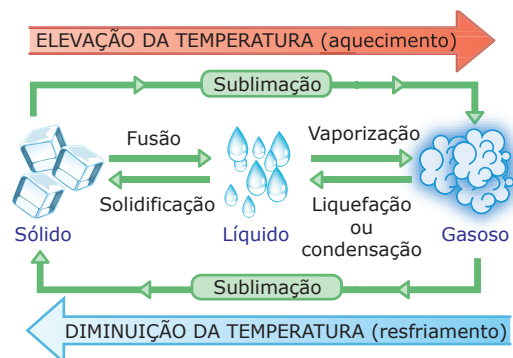


## A diferença entre gás e vapor

Uma substância, quando se encontra na fase gasosa, pode se apresentar sob a forma de vapor ou sob a forma de gás. Falamos em vapor quando a substância pode se transformar em líquido apenas pelo aumento da pressão, processo denominado condensação. Já o gás se transforma em líquido apenas quando a pressão e a temperatura variam simultaneamente, processo chamado de liquefação.

## MUDANÇAS DE ESTADO FÍSICO

Os três estados físicos podem ser convertidos uns nos outros, simplesmente aquecendo-os ou resfriando-os ou, ainda, alterando a pressão do sistema.



As mudanças de estado físico fusão, vaporização e sublimação (S → G) ocorrem com ruptura de interações atrativas entre as partículas. Já as mudanças de estado físico solidificação, liquefação ou condensação e sublimação (G → S) ocorrem com a formação de interações atrativas entre as partículas.

### OBSERVAÇÕES

1. Liquefação é o processo de transformação do gás para o líquido, já a condensação é o processo de transformação do vapor para o líquido.
2. O iodo é um sólido de cor marrom-avioletado que, ao ser aquecido, passa diretamente do estado sólido para o estado gasoso (sublimação). Porém, se recolhermos esse gás em uma superfície fria, o iodo retornará ao estado sólido, o que caracteriza também a sublimação (G → S).
3. Alguns autores denominam a transformação G → S de sublimação inversa ou simplesmente sublimação.
4. A vaporização pode ser dividida em:
  - **Evaporação:** É um processo natural, lento e espontâneo à temperatura ambiente. Nesse processo, a temperatura do líquido é inferior à sua temperatura de ebulição.

**Exemplo:** Uma roupa no varal seca, pois a água nela contida evapora.

- **Ebulição:** Processo rápido e, normalmente, não espontâneo para as substâncias na fase líquida à temperatura e pressão ambientes. Ocorre em toda massa líquida, com a formação e o desprendimento de bolhas.

**Exemplo:** Água líquida necessita de aquecimento para passar ao estado de vapor (ferver).

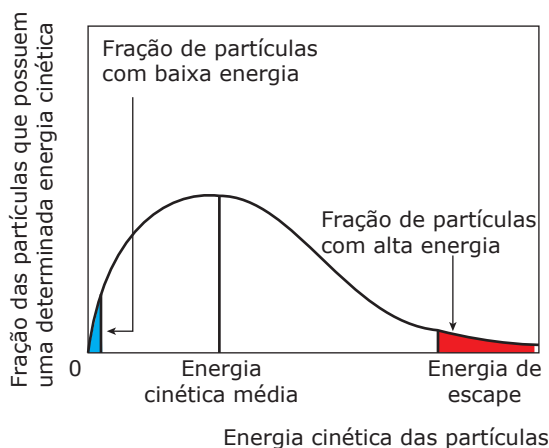
- **Calefação:** É o processo de ebulição realizado sob aquecimento excessivo. Nesse processo, a temperatura do líquido é superior à temperatura de ebulição.

**Exemplo:** Uma gota de água sendo jogada em uma panela muito quente.

## Como ocorre a evaporação

Vimos que, para ocorrer a mudança da fase líquida para a fase gasosa, é necessária uma ruptura das interações entre as partículas que compõem a substância. Assim, quanto mais intensas forem as interações entre seus constituintes, maior será a temperatura de ebulição. Então, como é possível ocorrer vaporização mesmo quando a substância não atinge a temperatura de ebulição?

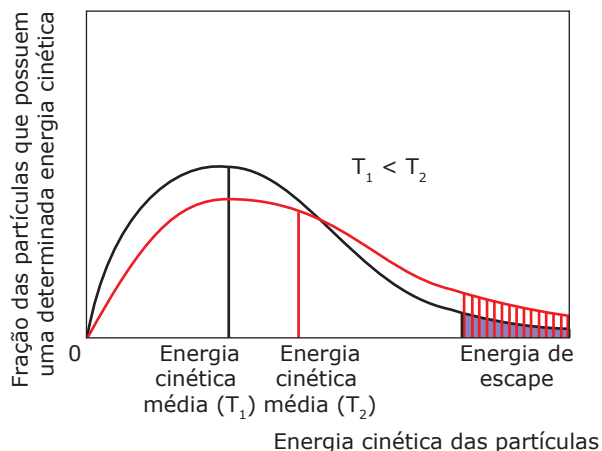
A questão é que, em todos os sistemas, as partículas constituintes não possuem a mesma energia cinética, ou seja, há uma distribuição não uniforme de energia das partículas que compõem a amostra. O gráfico a seguir ilustra essa situação.



*Distribuição de energia das partículas constituintes de um sistema.*

Uma pequena fração de moléculas apresenta energia muito alta (região vermelha) ou muito baixa (região azul), já a grande maioria apresenta energia cinética mediana (região branca). Para que ocorra a ruptura das interações entre as partículas constituintes de uma substância, é necessária uma energia mínima (denominada energia de escape) capaz de ocasionar tal ruptura. Assim, apenas as partículas com energia igual ou superior à energia de escape (região assinalada de vermelho no gráfico) são capazes de passar para a fase gasosa e, como a fração de partículas com essa energia em condições normais é baixa, o processo de evaporação é lento.

Ao aquecer o sistema, a distribuição de energia das partículas muda de forma que a energia cinética média aumenta e, assim, a fração de partículas com energia igual ou superior à energia de escape também aumenta. Observe no gráfico a seguir que, em  $T_2$  (curva vermelha), a energia cinética média é maior e, portanto, mais partículas terão energia igual ou superior à de escape e o processo será um pouco mais rápido.



*Influência da temperatura na energia das partículas constituintes de um sistema.*

## Temperaturas de mudança de estado

### A) Temperatura de fusão (T.F.)

É a temperatura em que uma amostra passa do estado sólido para o estado líquido.

**Exemplo:** Ao nível do mar, a água entra em fusão a 0 °C.

### B) Temperatura de ebulição (T.E.)

É a temperatura em que uma amostra faz a transição entre o estado líquido e o gasoso.

**Exemplo:** Ao nível do mar, a água entra em ebulição a 100 °C.

Você deve estar se perguntando: por que ao nível do mar? Porque as T.F. e T.E. são alteradas com o aumento da altitude.

**Exemplo:** Belo Horizonte está a 900 m acima do nível do mar e, assim, a T.E. da água é 98,5 °C, e não 100 °C, como em Vitória-ES, que se encontra no nível do mar.

Conhecendo as T.F. e T.E. de uma substância, sabemos qual o seu estado físico na temperatura ambiente e em qualquer outra temperatura.

Chamando de T.A. a temperatura ambiente, temos:

$T.A. < T.F. < T.E. \Rightarrow$  sólido

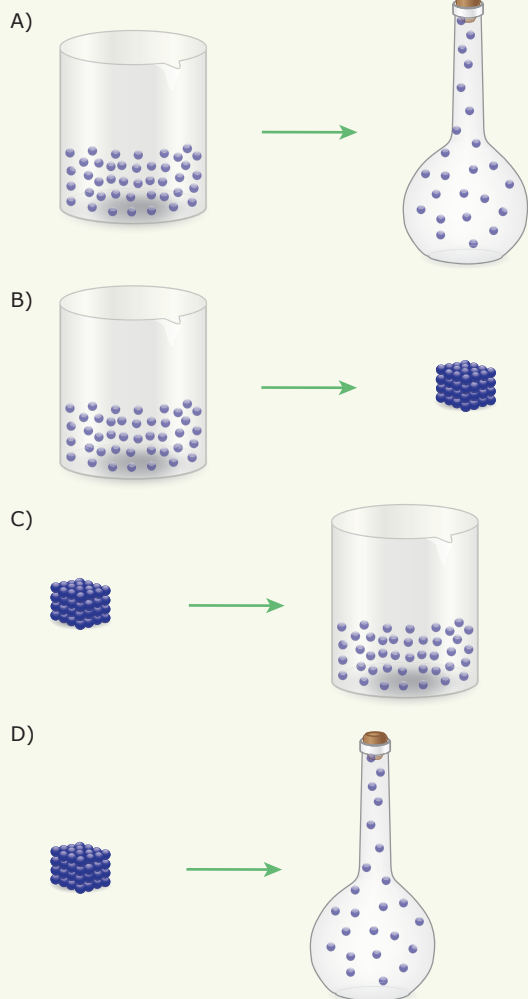
$T.F. < T.A. < T.E. \Rightarrow$  líquido

$T.F. < T.E. < T.A. \Rightarrow$  gasoso

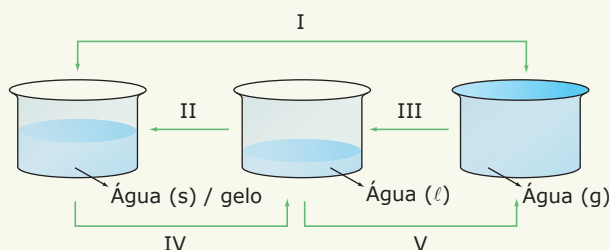
# EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



**01.** (CEFET-MG) As tintas à base de resinas poliméricas são usadas para personalizar vários objetos como canetas, camisas, canecas, etc. Essas tintas também são conhecidas como “sublimáticas” devido à mudança de estado físico ocorrida durante a sua aplicação. Representando as moléculas como simples esferas, a figura que esquematiza a transformação de estado físico mencionada anteriormente é:



**02.** (UnB-DF) Considere quantidades iguais de água nos três estados físicos (s = sólido; ℓ = líquido; g = gasoso) relacionados no esquema a seguir:



Julgue os itens.

- ( ) O processo I é denominado condensação.
- ( ) O processo II envolve absorção de energia.
- ( ) O processo III é acompanhado por uma diminuição de densidade.
- ( ) O processo IV é denominado vaporização.
- ( ) Um aumento de pressão sob temperatura constante provocaria igual decréscimo de volume de água líquida e gasosa.
- ( ) O vapor-d’água está em um estado menos energético do que a água líquida e sólida.

**03.** (FAMERP-SP-2017) Durante o ciclo hidrológico ocorrem diversas mudanças de estado físico da água. Um exemplo de mudança de estado denominada sublimação ocorre quando

- A) vapor de água em elevadas altitudes transforma-se em neve.
- B) gotículas de água transformam-se em cristais de gelo no interior das nuvens.
- C) gotículas de água presentes nas nuvens transformam-se em gotas de chuva.
- D) vapor de água em baixas altitudes transforma-se em neblina.
- E) vapor de água em baixas altitudes transforma-se em orvalho.

**04.** (CEFET-RJ-2016) O café solúvel é obtido a partir do café comum dissolvido em água. A solução é congelada e, a seguir, diminui-se bruscamente a pressão. Com isso, a água passa direta e rapidamente para o estado gasoso, sendo eliminada do sistema por sucção. Com a remoção da água do sistema, por esse meio, resta o café em pó e seco. Identifique as mudanças de estado físico ocorridas neste processo:

- A) solidificação e fusão.
- B) vaporização e liquefação.
- C) fusão e ebulição.
- D) solidificação e sublimação.

**05.** (PUC Minas-2015) O gás carbônico pode ser obtido no estado sólido, conhecido comercialmente como gelo-seco. Um cubo de gelo-seco (CO<sub>2</sub> sólido), exposto às condições ambientais, sofre uma diminuição de tamanho transformando-se em um vapor. Essa mudança de fase é conhecida como

- A) evaporação.
- B) condensação.
- C) sublimação.
- D) ebulição

**06.** (UTFPR) Em uma noite de inverno rigoroso uma dona de casa estendeu as roupas recém-lavadas no varal, expostas ao tempo. Pela manhã as roupas congelaram, em função do frio intenso. Com a elevação da temperatura no decorrer da manhã, começou a pingar água das roupas, em seguida elas ficaram apenas úmidas, e elas logo estavam secas.

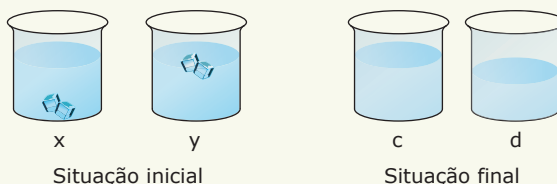
Ocorreram nestas roupas, respectivamente, as seguintes passagens de estados físicos:

- A) Solidificação, evaporação e fusão.      C) Fusão, solidificação e evaporação.      E) Evaporação, solidificação e fusão.  
 B) Solidificação, fusão e evaporação.      D) Fusão, evaporação e solidificação.

**07.** (Unicamp-SP) Depois das 19 horas, os convidados começaram a chegar. Dina os recepcionava no bar, onde havia dois baldes: um deles com gelo e o outro com gelo-seco. Dina bradava aos quatro cantos: "Isto faz a festa tornar-se mais química, já que esses sólidos serão usados para resfriar as bebidas!" Para cada bebida, Estrondosa escolhia o sólido mais apropriado. Curiosamente, alguém pediu duas doses iguais de uísque, uma com gelo e outra com gelo-seco, mas colocou os copos em uma mesa e não consumiu as bebidas. Passado um certo tempo, um colega de faculdade resolveu verificar se Dina ainda era a "sabichona" de antigamente, e foi logo perguntando:

- A) "Esses sólidos, quando colocados nas bebidas, sofrem transformações. Que nomes são dados para essas duas transformações? E por que essas transformações fazem com que as bebidas se resfriem?"  
 B) "Dina, veja essas figuras e pense naqueles dois copos de uísque que nosso amigo não bebeu. Qual copo, da situação inicial, corresponde ao copo da situação final? Em algum dos copos, a concentração final de álcool ficou diferente da concentração inicial? Por quê?"

**Observação:** Considerar as figuras para responder ao item B.



**08.** (Unemat-MT) Considere as temperaturas de fusão e ebulição (pressão = 1 atm) de quatro compostos dados na tabela a seguir:

Substância	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
I	42	185
II	1 530	2 885
III	-218	-183
IV	-63	91

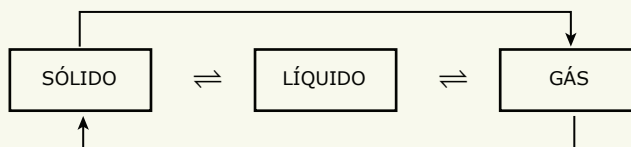
Com base nos dados da tabela, pode-se afirmar:

- A) Num ambiente a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , nenhum dos compostos estará na sua forma gasosa.  
 B) O composto I estará na forma líquida a  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ .  
 C) A  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , os compostos I e III estarão na forma gasosa.  
 D) Existe um valor de temperatura acima de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  em que as quatro substâncias estarão na forma sólida.  
 E) Numa temperatura de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , apenas os compostos I e II estarão na forma sólida.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS





**01.** (UFG-GO) Os processos envolvidos nas mudanças de estado físico da matéria, conforme figura a seguir, envolvem transferência de calor.

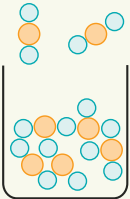


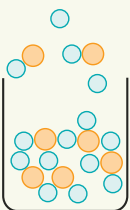
Dentre esses processos, os que envolvem, respectivamente, absorção e liberação de calor são

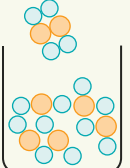
- A) solidificação e condensação.      C) fusão e vaporização.      E) condensação e sublimação.  
 B) sublimação e solidificação.      D) vaporização e fusão.

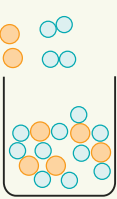
- 02.** (UFJF-MG-2016) Gelo-seco é o nome popular do dióxido de carbono sólido. Nas condições ambientais esse material sofre sublimação rompendo suas ligações intermoleculares. Assinale a alternativa que representa o processo de sublimação do gelo-seco.

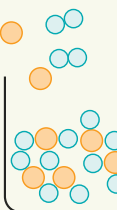
Legenda:  Oxigênio  Carbono

A) 

B) 

C) 

D) 

E) 

- 03.** (Mackenzie-SP) A passagem da água sólida para água líquida chamada de \_\_\_\_\_ é uma transformação \_\_\_\_\_.

Os termos que preenchem corretamente as lacunas são, respectivamente,

- A) solidificação e exotérmica  
 B) liquefação e endotérmica  
 C) liquefação e exotérmica  
 D) fusão e endotérmica  
 E) fusão e exotérmica
- 04.** (Unesp)

#### Alquimia subterrânea transforma mina de carvão em mina de hidrogênio

Em uma área de mineração de carvão localizada no sul da Polônia, um grupo de cientistas está usando uma mina de carvão para avaliar experimentalmente um método alternativo para a produção de energia limpa e, assim, oferecer uma utilização para pequenos depósitos de carvão ou minas exauridas, que são tradicionalmente deixados de lado, representando passivos ambientais.

Na teoria e no laboratório, a injeção de oxigênio e de vapor no carvão resulta na produção de hidrogênio. No processo, oxigênio líquido é colocado em um reservatório especial, localizado nas galerias da mina de carvão, onde se transforma em oxigênio gasoso, começando o processo denominado de gaseificação de carvão.

Disponível em: <[www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br)> (Adaptação).

A passagem do oxigênio líquido para oxigênio gasoso é uma transformação física

- A) exotérmica, classificada como fusão. D) endotérmica, classificada como evaporação.  
 B) exotérmica, classificada como ebulição. E) espontânea, classificada como sublimação  
 C) endotérmica, classificada como liquefação.

**05.** (IFSC-2015) Pedrinho estava com muita sede e encheu um copo com água bem gelada. Antes de beber observou que o copo ficou todo “suado” por fora, ou seja, cheio de pequenas gotículas de água na superfície externa do copo. É correto afirmar que tal fenômeno é explicado

- A) pela sublimação da água existente no copo.
- B) pela porosidade do copo que permitiu que parte da água gelada passasse para o lado de fora do copo.
- C) pela vaporização da água do copo para fora do copo.
- D) pelas correntes de convecção formada em função do aquecimento da água gelada pelo meio ambiente.
- E) pela condensação dos vapores de água da atmosfera em contato com o copo gelado.

**06.** (UESPI) No dia a dia das donas de casa, o uso da panela de pressão é comum. Quando se cozinha alimentos em panela de pressão, a temperatura atingida pela água de cozimento é superior a 100 °C ao nível do mar. Isso pode ser explicado devido

- A) à pressão a que a água de cozimento está submetida ser maior que 1 atm.
- B) a pressão a que a água de cozimento está submetida ser menor que 1 atm.
- C) a pressão a que a água de cozimento está submetida ser igual a 1 atm.
- D) ao fato de água apresentar menor pressão de vapor nessas condições.
- E) à válvula de segurança aumentar a pressão interna.

**07.** (Unicamp-SP-2016) As empresas que fabricam produtos de limpeza têm se preocupado cada vez mais com a satisfação do consumidor e a preservação dos materiais que estão sujeitos ao processo de limpeza. No caso do vestuário, é muito comum encontrarmos a recomendação para fazer o teste da firmeza das cores para garantir que a roupa não será danificada no processo de lavagem. Esse teste consiste em molhar uma pequena parte da roupa e colocá-la sobre uma superfície plana; em seguida, coloca-se um pano branco de algodão sobre sua superfície e passa-se com um ferro bem quente. Se o pano branco ficar manchado, sugere-se que essa roupa deve ser lavada separadamente, pois durante esse teste ocorreu um processo de

- A) fusão do corante, e o ferro quente é utilizado para aumentar a pressão sobre o tecido.
- B) liquefação do corante, e o ferro quente é utilizado para acelerar o processo.
- C) condensação do corante, e o ferro quente é utilizado para ajudar a sua transferência para o pano branco.
- D) dissolução do corante, e o ferro quente é utilizado para acelerar o processo.

**08.** (UEPG-PR-2015) Com base na tabela a seguir, que apresenta a temperatura de fusão e ebulição de algumas substâncias a 1 atm, analise as informações apresentadas e assinale o que for correto.

Substância	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
Água	0	100
Cloro	-101	-35
Oxigênio	-218	-183
Ácido sulfúrico	-10	338

01. À temperatura ambiente, todas as substâncias são líquidas.

02. Na temperatura de 150 °C apenas o ácido sulfúrico é líquido.

04. Numa mesma temperatura em que se pode encontrar a água e o ácido sulfúrico no estado sólido já se pode encontrar o cloro e o oxigênio no estado gasoso.

08. A temperatura de ebulição dos gases cloro e oxigênio tende a aumentar em altitudes elevadas.

Soma ( )

**09.** (UFGD-MS-2015) As propriedades físicas das substâncias estão intrinsecamente relacionadas à sua estrutura molecular. O conhecimento da Temperatura de Fusão (T.F.) e Temperatura de Ebulição (T.E.) são conceitos importantes para entender o tipo de interação intermolecular que determinada substância poderá realizar. A seguir, é apresentada uma tabela com valores hipotéticos de T.F. e T.E. em °C a 1 atm de algumas substâncias denominadas como I, II, III, IV e V.

Substância	T.F.	T.E.
I	-110	76
II	40	190
III	19	122
IV	1 500	3 000
V	-170	35

Com relação aos dados apresentados, é possível afirmar que

- A) I é sólido a 15 °C.
- B) II é líquido a 70 °C.
- C) III é líquido a 10 °C.
- D) IV é sólido a 3 200 °C.
- E) V é gasoso a 25 °C.

- 10.** (UNIR-RO) Considere os pontos de fusão (P.F.) e de ebulição (P.E.) das seguintes substâncias:

Substância	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
Etanol	-117	78
Clorofórmio	-63	61
Iodo	113,5	184
Éter etílico	-116	34

Analisando os dados da tabela e considerando 28 °C e 1 atm, pode-se afirmar que o estado físico de cada substância é, respectivamente,

- A) sólido, gasoso, gasoso, líquido.  
 B) líquido, líquido, gasoso, sólido.  
 C) líquido, líquido, sólido, líquido.  
 D) gasoso, gasoso, líquido, sólido.  
 E) líquido, líquido, gasoso, líquido.

## SEÇÃO ENEM



- 01.** (Enem-2017) Alguns fenômenos observados no cotidiano estão relacionados com as mudanças ocorridas no estado físico da matéria. Por exemplo, no sistema constituído por água em um recipiente de barro, a água mantém-se fresca mesmo em dias quentes.

A explicação para o fenômeno descrito é que, nas proximidades da superfície do recipiente, a

- A) Condensação do líquido libera energia para o meio.  
 B) Solidificação do líquido libera energia para o meio.  
 C) Evaporação do líquido retira energia do sistema.  
 D) Sublimação do sólido retira energia do sistema.  
 E) Fusão do sólido retira energia do sistema.

- 02.** (Enem-2016) Primeiro, em relação àquilo a que chamamos água, quando congela, parece-nos estar a olhar para algo que se tornou pedra ou terra, mas quando derrete e se dispersa, esta torna-se bafo e ar; o ar, quando é queimado, torna-se fogo; e, inversamente, o fogo, quando se contrai e se extingue, regressa à forma do ar; o ar, novamente concentrado e contraído, torna-se nuvem e nevoeiro, mas, a partir destes estados, se for ainda mais comprimido, torna-se água corrente, e de água torna-se novamente terra e pedras; e deste modo, como nos parece, dão geração uns aos outros de forma cíclica.

PLATÃO. *Timeu-Crítias*. Coimbra: CECH, 2011.

Do ponto de vista da ciência moderna, os “quatro elementos” descritos por Platão correspondem, na verdade, às fases sólida, líquida, gasosa e plasma da matéria. As transições entre elas são hoje entendidas como consequências macroscópicas de transformações sofridas pela matéria em escala microscópica.

Excetuando-se a fase de plasma, essas transformações sofridas pela matéria, em nível microscópico, estão associadas a uma

- A) troca de átomos entre as diferentes moléculas do material.  
 B) transmutação nuclear dos elementos químicos do material.  
 C) redistribuição de prótons entre os diferentes átomos do material.  
 D) mudança na estrutura espacial formada pelos diferentes constituintes do material.  
 E) alteração nas proporções dos diferentes isótopos de cada elemento presente no material.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

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

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

- A) O gelo sofre fusão:  $\text{H}_2\text{O}_{(s)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)}$   
 O gelo-seco sofre sublimação:  $\text{CO}_{2(s)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$

Essas transformações físicas esfriam as bebidas porque são endotérmicas, isto é, absorvem calor dos líquidos, diminuindo suas temperaturas.

- B) O copo d corresponde ao copo x da condição inicial, pois seu volume é menor que o do copo c, onde foi colocado o gelo (flutuação). Os cubos sólidos que afundam (gelo-seco) estão no copo x.

Sim, no copo y, onde havia gelo no início (copo c). A água líquida que se formou diluiu o álcool da bebida original.

08. E

### Propostos

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

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

### Seção Enem

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

01. C  
 02. D



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



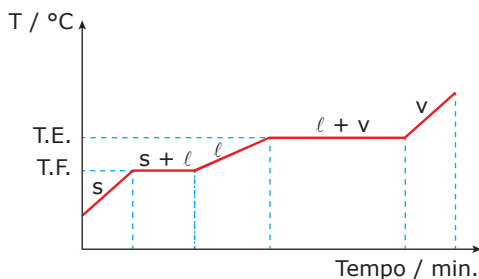
## Curvas de Aquecimento, Diagramas de Fases e Densidade

### CURVAS DE AQUECIMENTO

Uma curva de aquecimento é um gráfico de temperatura *versus* tempo. Pela sua análise, podemos diferenciar as substâncias puras das misturas.

Ao aquecermos, ao nível do mar, um cubo de gelo, verificamos que, a 0 °C, ele começa a derreter e, enquanto existir um pedaço de gelo, por mínimo que seja, a temperatura permanece constante. Se continuarmos a aquecer até 100 °C, a água líquida começa a se transformar em vapor e, também nesse ponto, a temperatura permanecerá constante enquanto existir uma gota do líquido. Dessa forma, dizemos que uma substância pura possui T.F. e T.E. constantes, o que não acontece se aquecermos uma mistura.

**Curva de aquecimento de uma substância pura**



s = fase sólida

l = fase líquida

v = fase vapor

No caso particular da água, T.F. = 0 °C e T.E. = 100 °C.

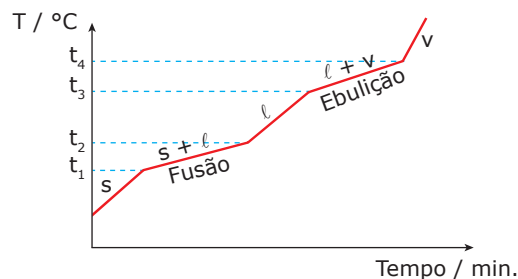


**Curva de aquecimento da água**

Nessa animação, você irá interagir com o sistema e analisar as transformações físicas da água durante o seu aquecimento. Observe a variação da temperatura, a organização espacial das moléculas e as interações estabelecidas em cada fase. Boa atividade!



**Curva de aquecimento de uma solução**



$t_1$  = temperatura no início da fusão

$t_2$  = temperatura no fim da fusão

$t_3$  = temperatura no início da ebulição

$t_4$  = temperatura no fim da ebulição

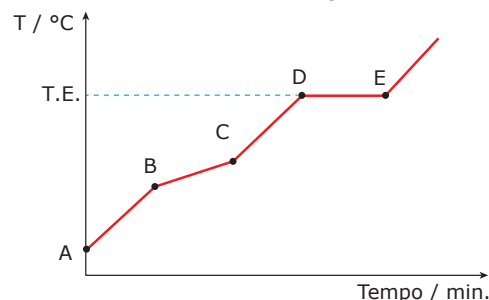
O intervalo de fusão dessa mistura variou da temperatura  $t_1$  até a temperatura  $t_2$ , e o intervalo de ebulição da temperatura  $t_3$  até a temperatura  $t_4$ .

### Mistura azeotrópica

É uma mistura especial que possui T.E. constante e T.F. variável.

**Exemplo:** 96% álcool e 4% de água.

**Curva de aquecimento de uma mistura azeotrópica**



B = início da fusão

C = término da fusão

D = E = temperatura de ebulição

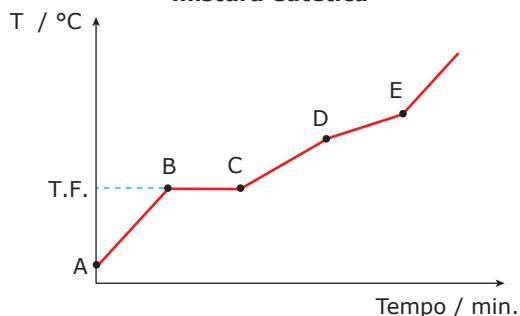
Verificamos que a temperatura de ebulição da mistura permaneceu constante, enquanto houve uma variação em sua temperatura de fusão.

## Mistura eutética

É uma mistura especial que possui T.F. constante e T.E. variável.

**Exemplo:** Liga metálica de Pb / Sb, 88% chumbo e 12% antimônio.

**Curva de aquecimento de uma mistura eutética**



B = C = temperatura de fusão

D = início da ebulição

E = término da ebulição

Verificamos que a temperatura de fusão da mistura permaneceu constante, enquanto houve uma variação em sua temperatura de ebulição.

### OBSERVAÇÃO

Uma mistura não poderá ser azeotrópica e eutética ao mesmo tempo.

## DIAGRAMAS DE FASES

As curvas de aquecimento permitem prever o estado físico mais estável de um material em qualquer temperatura a uma dada pressão, geralmente 1 atm. Os diagramas de fases permitem conhecer a fase termodinamicamente mais estável de uma substância pura em qualquer condição de temperatura e de pressão. As curvas que separam as regiões correspondentes a essas fases são denominadas curvas de equilíbrio e mostram os valores de pressão e de temperatura nos quais as duas fases coexistem em equilíbrio.

Para melhor interpretação dos diagramas de fases, definiremos ponto triplo, ponto crítico e fluido supercrítico.

**P<sub>3</sub> – Ponto triplo:** Ponto que indica as condições de pressão e temperatura para que, no sistema, coexistam as fases sólida, líquida e gasosa em equilíbrio.

**P<sub>c</sub> – Ponto crítico:** Ponto que indica os valores de pressão e de temperatura críticos. Um sistema que apresenta os valores de pressão e de temperatura acima dos valores do ponto crítico é denominado **fluido supercrítico**.

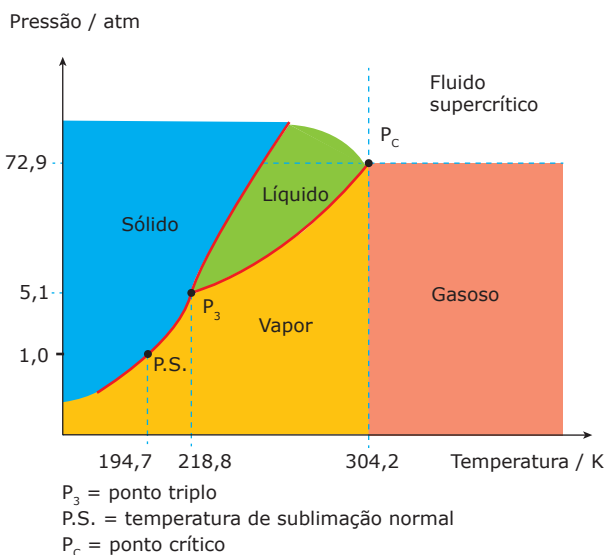
Quando aquecemos um líquido, ocorrem dois processos:

- A)** Aumento da vaporização do líquido, o que aumenta a quantidade de vapor acima de sua superfície. Isso corresponde a um aumento da densidade da fase gasosa.
- B)** Dilatação do líquido, o que aumenta o volume do líquido, diminuindo a sua densidade.

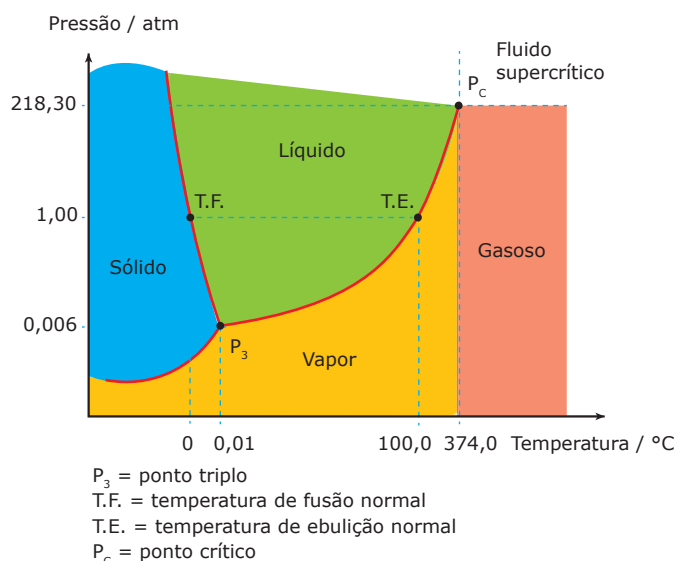
Quando as fases líquida e gasosa, em equilíbrio, apresentam a mesma densidade, formando um sistema homogêneo, não sendo mais possível a distinção entre as duas fases, ocorre a formação do fluido supercrítico.

Temperatura crítica é a temperatura acima da qual uma substância não pode existir como um líquido, independentemente do valor da pressão. A pressão de vapor de um líquido na temperatura crítica é denominada pressão crítica.

**Diagrama de fases do dióxido de carbono**



**Diagrama de fases da água**



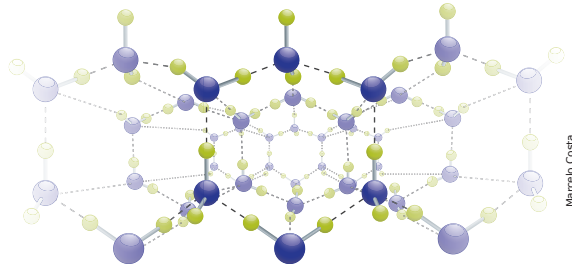
### OBSERVAÇÃO

A fase vapor existe em temperaturas mais baixas que a temperatura crítica, já o gás existe em temperaturas acima desta, ambas abaixo da pressão crítica.

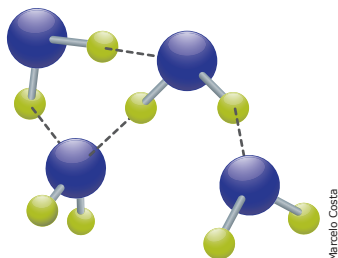
## Água: uma substância diferente

Ao contrário do observado para a grande maioria das substâncias, a água, quando na fase sólida, apresenta moléculas mais distantes que na fase líquida.

Na fase sólida, as moléculas se organizam, formando estruturas cíclicas hexagonais que levam à formação de espaços vazios. Quando parte das interações entre as moléculas é rompida, ocasionando a fusão do gelo, a estrutura hexagonal é desfeita e as moléculas se aproximam.



Interação entre as moléculas de água no estado sólido.



Interação entre as moléculas de água no estado líquido.

Podemos observar essa característica também no diagrama de fases da água. Note que a inclinação da curva que separa os estados sólido e líquido é diferente daquela observada no diagrama de fases do CO<sub>2</sub>, indicando que o aumento da pressão favorece a fase líquida.



8U6X

### Mudanças de estado físico

Nesse vídeo, é possível observar o comportamento das moléculas de água e a interação entre elas em cada estado físico e nas mudanças de fases. Atente para as informações dispostas no diagrama de fases. Boa atividade!

## DENSIDADE

Muitas vezes, ouvimos falar que o óleo "boia" na água por ser mais leve que ela. Cabe-nos então a seguinte pergunta: o que "pesa" mais, 1 kg de óleo ou 1 kg de água? A resposta obviamente é nenhum dos dois, pois ambos apresentam a mesma massa. Podemos observar ainda que, independentemente da quantidade de água ou de óleo, este flutua sobre a primeira. É necessário, então, relacionar a capacidade de afundar ou a de flutuar com outra propriedade que independa da massa. Essa propriedade é a densidade ( $\rho$ ), e ela é definida como a razão entre a massa de um corpo e o volume ocupado por ele a uma dada temperatura e a uma pressão.

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Para o óleo, essa razão é aproximadamente igual a 0,9 g.mL<sup>-1</sup>, ao passo que, para a água, é próxima de 1,0 g.mL<sup>-1</sup>. Corpos mais densos afundam em líquidos de menor densidade e corpos menos densos flutuam em líquidos de maior densidade.

Será mesmo que a densidade não varia com a quantidade de amostra? Observe a tabela a seguir, em que foi determinada a massa e o volume de blocos de ferro, todos a 25 °C e pressão de 1 atm.

Massa / gramas	Volume / cm <sup>3</sup>
78	10
156	20
195	25

Massa e volume de alguns blocos de ferro.

A densidade calculada para o ferro é obtida por:

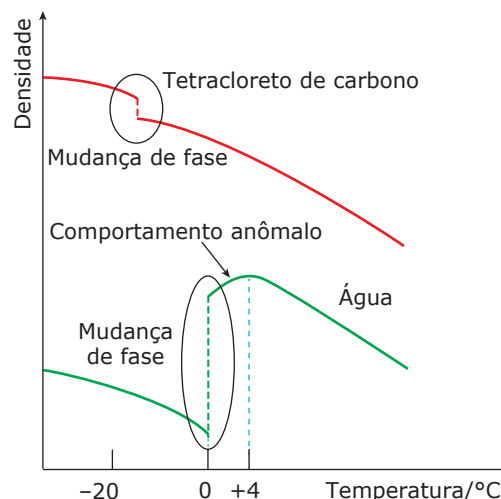
$$\rho = \frac{78 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3} = \frac{156 \text{ g}}{20 \text{ cm}^3} = \frac{195 \text{ g}}{25 \text{ cm}^3} = 7,8 \text{ g.cm}^{-3}$$

Quando a massa de uma substância aumenta, seu volume varia na mesma proporção desde que as condições de temperatura e pressão se mantenham constantes. Logo, a densidade se mantém inalterada.

As mesmas massas de diferentes substâncias ocupam volumes diferentes e, portanto, cada material apresenta uma densidade característica. Dessa forma, a densidade é classificada como uma propriedade específica, ou seja, cada substância apresenta uma densidade característica determinada a uma dada temperatura e a uma pressão.

É importante lembrar que, ao aquecer uma amostra, a distância média entre as partículas constituintes aumenta. Assim, o volume aumenta sem variação da massa e, portanto, a densidade diminui. Já o aumento da pressão leva à aproximação das partículas, implicando aumento da densidade. O gráfico a seguir representa a variação da densidade da água e do tetracloreto de carbono (um solvente orgânico) com a variação da temperatura.

### Densidade da água e do tetracloreto de carbono em função da temperatura



Observe que, durante a mudança de fase, há grande variação na densidade, pois a distância média entre as partículas constituintes varia significativamente. Para a grande maioria das substâncias, o sólido é mais denso que o líquido, uma vez que, no primeiro, as partículas estão mais próximas e mais organizadas que no segundo, como pode ser observado para o tetracloreto de carbono.

Como discutimos anteriormente, quando a água funde, ocorre a aproximação de suas moléculas. Esse comportamento é observado entre 0 °C a 4 °C, ou seja, a distância média entre as moléculas de água na fase sólida é maior (menor densidade); já na fase líquida, a distância média entre as moléculas é menor e, portanto, a densidade aumenta, atingindo um valor máximo a 4 °C.

Para as misturas, verificamos que a densidade varia em função de sua constituição. Exatamente por isso, os químicos determinam a qualidade de alguns produtos pelos valores de suas densidades.

## COMO DIFERENCIAR UMA SUBSTÂNCIA PURA DE UMA MISTURA



Substância pura é todo material que se caracteriza por apresentar

- composição fixa;
- propriedades constantes, tais como, densidade, temperatura de fusão, temperatura de ebulição, etc.

**Exemplo:** Água (pura).

	Água
<b>Composição</b>	11,11% de H e 88,89% de O (em massa)
<b>T.F.</b>	0 °C (1 atm)
<b>T.E.</b>	100 °C (1 atm)
<b>Densidade</b>	1 g.mL <sup>-1</sup> (4 °C)

*Algumas propriedades físicas específicas da água.*

Dessa forma, iremos utilizar tais propriedades para diferenciar um sistema puro de uma mistura.

Assim, não existe água (pura) com composição diferente de 11,11% de H e 88,89% de O, em massa.

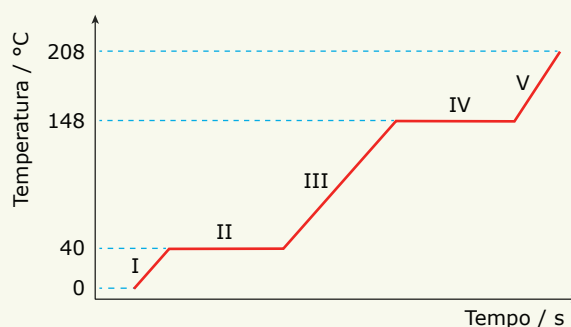
Por outro lado, não existe água (pura) com T.F., T.E. e densidade diferentes das mencionadas anteriormente (nas mesmas condições).

Como as substâncias puras têm densidade, T.F., T.E. e outras propriedades invariáveis, essas propriedades são usadas na prática para verificar se um dado material é substância pura ou não. Assim, para verificar se uma amostra de água é pura, podemos determinar a sua densidade (1 g.mL<sup>-1</sup>, a 4 °C), ou a sua T.F. (0 °C, a 1 atm) ou a sua T.E. (100 °C, a 1 atm). Se os valores encontrados experimentalmente forem iguais aos mencionados anteriormente, concluímos que a amostra é de substância pura, caso contrário, a amostra não é de água pura.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

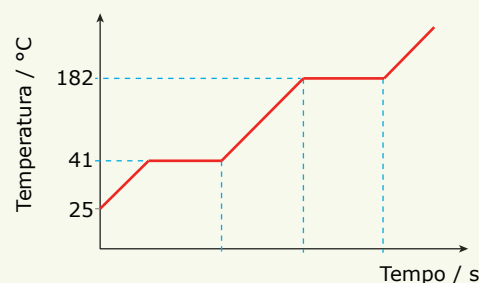


- 01.** (UEG-GO-2015) A mudança do estado físico de determinada substância pode ser avaliada em função da variação da temperatura em relação ao tempo, conforme o gráfico a seguir. Considere que a 0 °C o composto encontra-se no estado sólido.



No gráfico, encontra-se a substância no estado líquido nos pontos

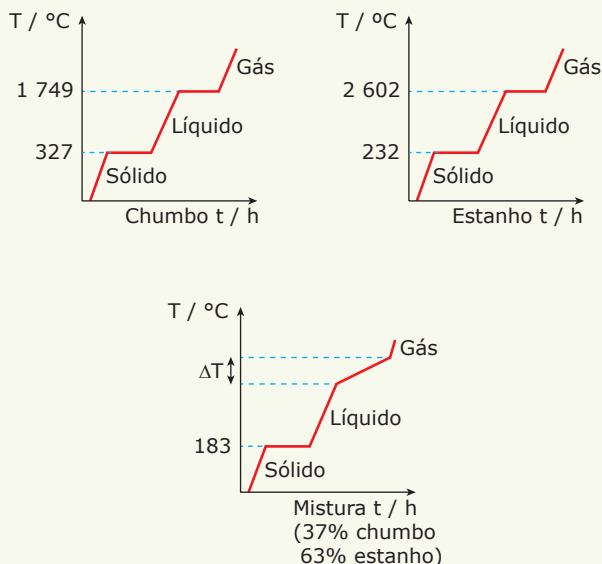
- A) I, II e IV.  
 B) III, IV e V.  
 C) II, III e IV.  
 D) I, III e V.
- 02.** (UFJF-MG-2015) O gráfico a seguir apresenta a variação de temperatura observada ao se aquecer uma substância A, a partir de 25 °C, em função do tempo.



Assinale a alternativa correta.

- A) A faixa de temperatura em que a substância permanece sólida é 25-41 °C.  
 B) A substância A não é uma substância pura.  
 C) A temperatura de ebulição da substância A é 41 °C.  
 D) A faixa de temperatura em que a substância permanece líquida é 25-182 °C.  
 E) Em 25 °C, a substância é um líquido.
- 03.** (Unesp) No campo da metalurgia, é crescente o interesse nos processos de recuperação de metais, pois é considerável a economia de energia entre os processos de produção e de reciclagem, além da redução significativa do lixo metálico.

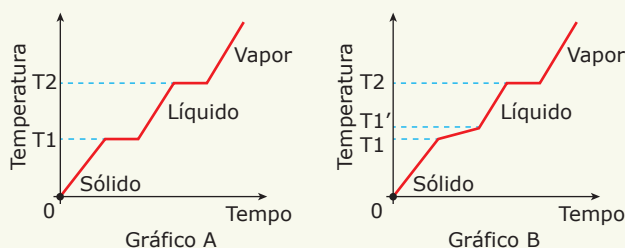
E este é o caso de uma microempresa de reciclagem, na qual desejava-se desenvolver um método para separar os metais de uma sucata, composta de, aproximadamente, 63% de estanho e 37% de chumbo, usando aquecimento. Entretanto, não se obteve êxito nesse procedimento de separação. Para investigar o problema, foram comparadas as curvas de aquecimento para cada um dos metais isoladamente com aquela da mistura, todas obtidas sob as mesmas condições de trabalho.



Considerando as informações das figuras, é correto afirmar que a sucata é constituída por uma

- A) mistura eutética, pois funde à temperatura constante.
- B) mistura azeotrópica, pois funde à temperatura constante.
- C) substância pura, pois funde à temperatura constante.
- D) suspensão coloidal que se decompõe pelo aquecimento.
- E) substância contendo impurezas e com temperatura de ebulição constante.

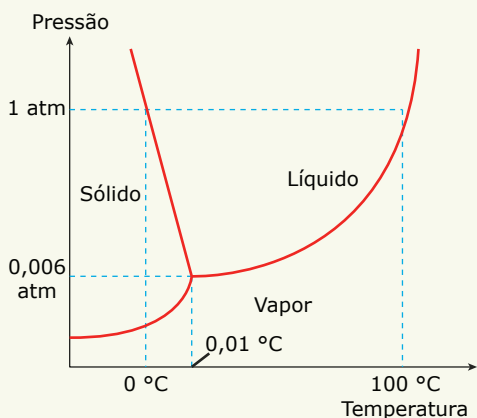
**04.** (UEL-PR) Propriedades físicas como densidade, ponto de fusão e ponto de ebulição são importantes para identificar e diferenciar quando um sistema é composto de uma substância pura ou por uma mistura. Analise os gráficos a seguir, que representam mudanças de estado físico.



Em relação às mudanças de estado físico, é correto afirmar:

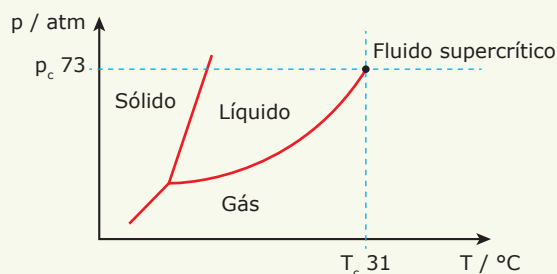
- A) O segmento T1–T1' no gráfico B caracteriza uma substância pura.
- B) O gráfico A representa a mudança de estado físico de uma mistura eutética.
- C) O gráfico B representa a mudança de estado físico de uma mistura azeotrópica.
- D) O gráfico A representa a mudança de estado físico de uma mistura trifásica.
- E) O gráfico B representa a mudança de estado físico de uma mistura que apresenta ponto de ebulição não definido.

**05.** (UFGD-MS) Observe o diagrama de fases simplificado da água e assinale alternativa que contém a afirmativa correta.



- A) A fase de vapor jamais estará em equilíbrio com a fase sólida.
- B) A água não sofre o fenômeno de sublimação.
- C) O ponto triplo da água é o ponto em que coexistem em equilíbrio o líquido, o sólido e o vapor.
- D) A 0,01 °C e 1 atm somente a fase de vapor é estável.
- E) A 100 °C e 1 atm somente a fase sólida é estável.

**06.** (Enade) A densidade dos fluidos supercríticos é da mesma ordem de grandeza da densidade dos líquidos, enquanto sua viscosidade e sua difusibilidade são maiores que a dos gases, porém menores que a dos líquidos. É bastante promissora a substituição de solventes orgânicos por CO<sub>2</sub> supercrítico em extrações. O ponto triplo no diagrama de fases do CO<sub>2</sub>, bem como sua região supercrítica, são apresentados no diagrama mostrado a seguir:



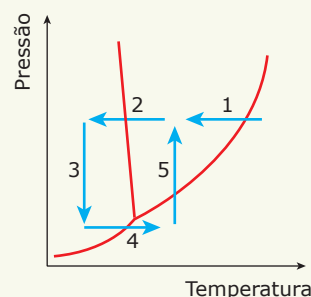
Considerando as informações contidas no diagrama de fases do CO<sub>2</sub>, analise as afirmações a seguir:

- I. As fases sólida, líquida e gasosa encontram-se em equilíbrio no ponto triplo.
- II. As fases líquida e gasosa encontram-se em equilíbrio na região supercrítica.
- III. Em temperaturas acima de 31 °C, não será possível liquefazer o CO<sub>2</sub> supercrítico por compressão.
- IV. Em pressões acima de 73 atm, o CO<sub>2</sub> só será encontrado no estado sólido.

São corretas apenas as afirmações:

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

**07.** (UFRGS-RS) Em viagens espaciais, é crucial que os mantimentos sejam leves e ocupem pouco espaço. Nestas situações, os alimentos são preparados por liofilização e precisam, antes do consumo, ser reidratados e reaquecidos. No processo de liofilização, a temperatura da amostra é reduzida até abaixo de 0 °C de modo que toda a água presente congele. Na sequência, a pressão é reduzida até abaixo da pressão do ponto triplo e, finalmente, o alimento é lentamente aquecido até uma temperatura acima do ponto de congelamento, de modo que a água sublima lentamente. Como resultado das três etapas do processo, há perda de até 97% do conteúdo de água. Considere o diagrama de fases da água esquematizado a seguir:



O processo de liofilização descrito anteriormente pode ser representado neste diagrama pela sequência de etapas

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

**08.** (UFMG) A tabela a seguir contém propriedades de algumas substâncias.

Substância	T.F. / °C	T.E. / °C	d / g.mL <sup>-1</sup>	Solubilidade em água
Glicerina	20	290	1,26	Muito solúvel
Eugenol	-7,5	253	1,07	Insolúvel
Etanotiol	-144	35	0,839	Pouco solúvel

Com base nos dados da tabela, é possível concluir que todas as alternativas a seguir estão corretas, exceto

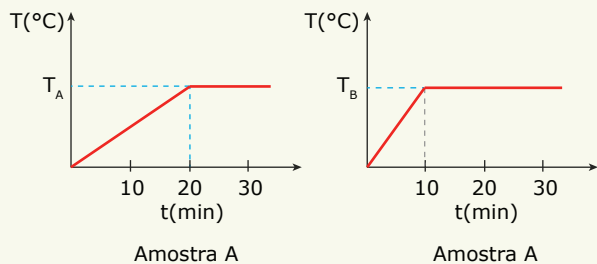
- A) A mistura eugenol-glicerina pode ser separada por adição de água.
- B) Numa mistura de água e glicerina, a água é o sobrenadante.
- C) Um litro de glicerina pesa tanto quanto 1,26 litro de água.
- D) O etanotiol é um líquido mais volátil do que a água.
- E) Num dia muito frio, a glicerina é um sólido.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (UFRGS-RS-2015) Considere dois béqueres, contendo quantidades diferentes de duas amostras líquidas homogêneas A e B, a 25 °C, que são submetidos a aquecimento por 30 min, sob pressão de 1 atm, com fontes de calor equivalentes.

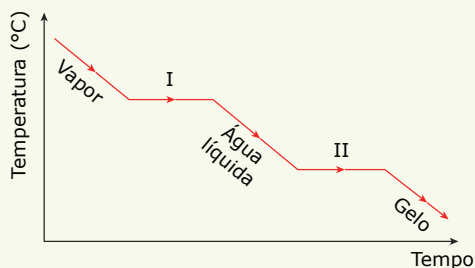
A temperatura do líquido contido em cada bquer foi medida em função do tempo de aquecimento, e os dados obtidos foram registrados nos gráficos a seguir.



Sobre esses dados, são feitas as afirmações seguintes.

- I. Se  $T_A = T_B$ , então a amostra A e a amostra B provavelmente são a mesma substância pura.
  - II. Se as amostras A e B são constituídas pela mesma substância, então o volume da amostra B é menor que o volume de amostra A.
  - III. A amostra A é uma mistura em que o líquido predominante é aquele que constitui a amostra B.
- Qual(is) está(ão) correta(s)?
- A) Apenas I.
  - B) Apenas III.
  - C) Apenas I e II.
  - D) Apenas II e III.
  - E) I, II e III.

**02.** (UEFS-BA)

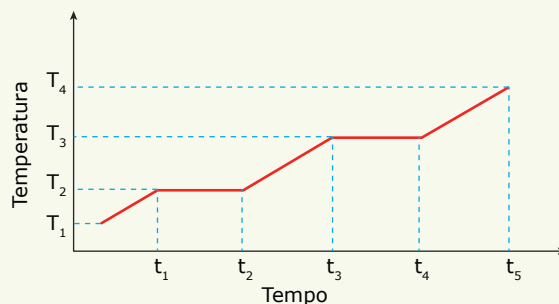


O gráfico mostra o processo de mudança dos estados físicos da água pura por meio de resfriamento, em função do tempo. A transformação física é iniciada com vapor de água e finalizada com a formação completa de gelo, a 1 atm.

Uma análise desse gráfico permite corretamente concluir:

- A) As etapas I e II, no gráfico, correspondem, respectivamente, à ebulição e à fusão da água.
- B) O processo de resfriamento da água é endotérmico.
- C) A temperatura, durante a solidificação e a fusão da água, é constante porque os calores latentes de solidificação e de fusão da substância são iguais.
- D) A 100 °C, coexistem em equilíbrio físico água líquida e vapor.
- E) O processo de resfriamento de vapor de água até 0 °C envolve o aumento crescente de energia cinética das moléculas da substância.

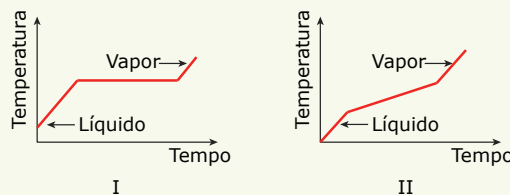
**03.** (PUC Minas) B6JN O gráfico da temperatura em função do tempo mostra a mudança de estado físico de um material. O material encontra-se inicialmente no estado sólido, passando pela fase líquida e por fim gasosa.



Sobre esse material e suas transformações físicas, é correto afirmar:

- A) A mudança de estado que ocorre entre as temperaturas  $T_1$  e  $T_2$  é uma fusão.
- B) A mudança de estado que ocorre entre as temperaturas  $T_2$  e  $T_3$  é uma evaporação.
- C) É possível observar duas fases na temperatura  $T_2$ , entre os tempos  $t_1$  e  $t_2$ .
- D) O material é uma mistura.

**04.** (UEFS-BA)

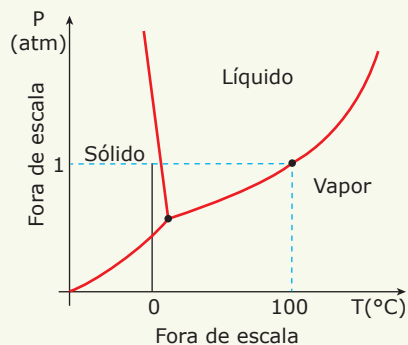


As curvas de aquecimento I e II de duas amostras de líquidos incolores foram determinadas e analisadas em um laboratório de química. Uma delas é uma solução de fenol, a 10% (V/V), em hexano, e a outra é de hexano puro.

Considerando-se as propriedades da matéria e a partir da análise das curvas de aquecimento I e II, é correto afirmar:

- A) A solução de fenol a 10% apresenta temperatura de ebulição menor que a do hexano.
- B) A temperatura de vaporização durante o aquecimento, mostrada na curva II, é constante.
- C) A curva I representa o processo de aquecimento de uma mistura azeotrópica.
- D) A curva de aquecimento I representa o comportamento da amostra de hexano puro.
- E) O resultado na determinação da temperatura de ebulição dos líquidos depende das quantidades de amostra utilizada na análise.

**05.** (UCS-RS) O diagrama de fases da água, representado a seguir, permite avaliar o estado físico de uma amostra de água em função da pressão e da temperatura às quais está submetida.



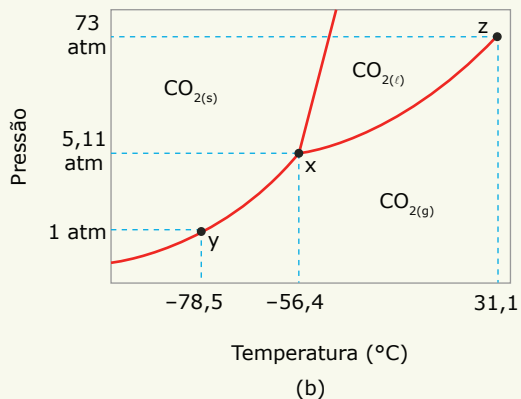
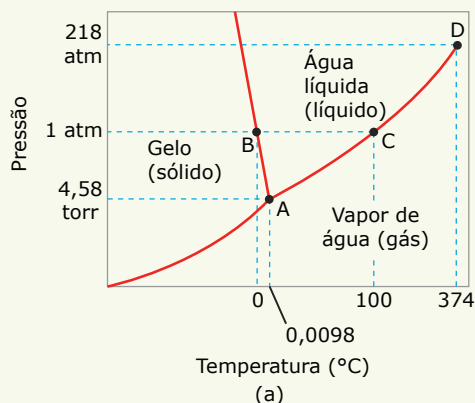
Com base no diagrama de fases da água, considere as seguintes afirmativas:

- I. A patinação no gelo ocorre, pois a pressão que a lâmina dos patins exerce sobre o gelo provoca a fusão da água, permitindo o deslizamento.
- II. A utilização da panela de pressão acelera o cozimento dos alimentos, pois possibilita o aumento da temperatura de ebulição da água.
- III. A água apresenta menor temperatura de ebulição em Caxias do Sul – RS, comparada a uma cidade localizada no nível do mar, onde a pressão atmosférica é maior.

Sobre as afirmativas, pode-se dizer que

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

**06.** (Unimontes-MG) As figuras a seguir mostram os diagramas de fases da água (a) e do gás carbônico (b).



Em análise dos diagramas, é incorreto afirmar que

- A) o gás carbônico apresenta um ponto de fusão normal igual a  $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- B) o ponto de fusão do gás carbônico aumenta com o aumento da pressão.
- C) o ponto tripla da água se encontra a uma pressão inferior à do gás carbônico.
- D) a água (gelo) sofre sublimação a uma pressão de vapor inferior a 4,58 torr.

**07.** (Unicamp-SP-2018) *Icebergs* flutuam na água do mar, assim como o gelo em um copo com água potável. Imagine a situação inicial de um copo com água e gelo, em equilíbrio térmico à temperatura de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Com o passar do tempo, o gelo vai derretendo. Enquanto houver gelo, a temperatura do sistema

- A) permanece constante, mas o volume do sistema aumenta.
- B) permanece constante, mas o volume do sistema diminui.
- C) diminui e o volume do sistema aumenta.
- D) diminui, assim como o volume do sistema.

**08.** (FUVEST-SP) Uma usina de reciclagem de plástico recebeu um lote de raspas de 2 tipos de plásticos, um deles com densidade  $1,10\text{ kg/L}$  e outro com densidade  $1,14\text{ kg/L}$ . Para efetuar a separação dos dois tipos de plásticos, foi necessário preparar  $1\ 000\text{ L}$  de uma solução de densidade apropriada misturando-se volumes adequados de água (densidade =  $1,00\text{ kg/L}$ ) e de uma solução aquosa de  $\text{NaCl}$ , disponível no almoxarifado da usina, de densidade  $1,25\text{ kg/L}$ .

Esses volumes, em litros, podem ser, respectivamente,

- A) 900 e 100.
- B) 800 e 200.
- C) 500 e 500.
- D) 200 e 800.
- E) 100 e 900.



**09.** (PUC Minas) Durante a organização de um laboratório, um aluno percebeu que uma substância sólida e incolor estava armazenada em um recipiente sem identificação. Para tentar identificar qual substância era aquela, o aluno determinou quatro propriedades da matéria:

- I. Densidade
- II. Massa
- III. Temperatura de fusão
- IV. Volume

Dentre as propriedades, quais são as que melhor orientariam o aluno na identificação dessa substância?

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

**10.** (UFG-GO) Uma peça metálica com geometria cúbica foi fabricada com um dos elementos químicos apresentados na tabela a seguir.

Metal	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Pt	12,1
Au	19,3
Pd	12,0
Ag	10,5
Cr	7,2

Considerando-se a aresta do cubo igual a 2,5 cm e a massa total da peça igual a 112,5 g, conclui-se que o metal utilizado para construção da peça metálica foi:

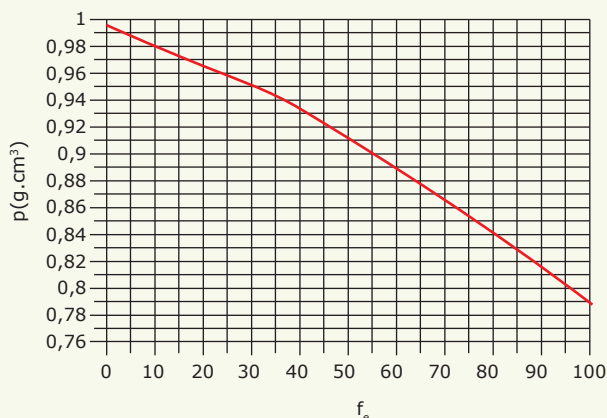
- A) a Pt
- B) o Au
- C) o Pd
- D) a Ag
- E) o Cr

## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem-2015) O álcool utilizado como combustível automotivo (etanol hidratado) deve apresentar uma taxa máxima de água em sua composição para não prejudicar o funcionamento do motor. Uma maneira simples e rápida de estimar a quantidade de etanol em misturas com água é medir a densidade da mistura. O gráfico mostra a variação da densidade da mistura (água e etanol) com a fração percentual da massa de etanol ( $f_e$ ), dada pela expressão

$$f_e = 100 \cdot \frac{m_e}{(m_e + m_a)}$$

em que  $m_e$  e  $m_a$  são as massas de etanol e de água na mistura, respectivamente, a uma temperatura de 20 °C.



Disponível em: <www.handymath.com>. Acesso em: 08 ago. 2012.

Suponha que, em uma inspeção de rotina realizada em um determinado posto, tenha-se verificado que 50,00 cm<sup>3</sup> de álcool combustível tenham massa igual a 45,0 g.

Qual é a fração percentual de etanol nessa mistura?

- A) 7%
- B) 10%
- C) 55%
- D) 90%
- E) 93%

**02.** (Enem) Um consumidor desconfia que a balança do supermercado não está aferindo corretamente a massa dos produtos. Ao chegar a casa, resolve conferir se a balança estava descalibrada. Para isso, utiliza um recipiente provido de escala volumétrica, contendo 1,0 litro de água. Ele coloca uma porção dos legumes que comprou dentro do recipiente e observa que a água atinge a marca de 1,5 litro e também que a porção não ficara totalmente submersa, com 1/3 de seu volume fora da água. Para concluir o teste, o consumidor, com ajuda da Internet, verifica que a densidade dos legumes, em questão, é a metade da densidade da água, onde,  $\rho_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$ . No supermercado, a balança registrou a massa da porção de legumes igual a 0,500 kg (meio quilograma).

Considerando que o método adotado tenha boa precisão, o consumidor concluiu que a balança estava descalibrada e deveria ter registrado a massa da porção de legumes igual a

- A) 0,073 kg.
- B) 0,167 kg.
- C) 0,250 kg.
- D) 0,375 kg.
- E) 0,750 kg.

- 03.** (Enem) Certas ligas estanho-chumbo com composição específica formam um eutético simples, o que significa que uma liga com essas características se comporta como uma substância pura, com um ponto de fusão definido, no caso 183 °C. Essa é uma temperatura inferior mesmo ao ponto de fusão dos metais que compõem essa liga (o estanho puro funde a 232 °C e o chumbo puro a 320 °C), o que justifica sua ampla utilização na soldagem de componentes eletrônicos, em que o excesso de aquecimento deve sempre ser evitado. De acordo com as normas internacionais, os valores mínimo e máximo das densidades para essas ligas são de 8,74 g/mL e 8,82 g/mL, respectivamente. As densidades do estanho e do chumbo são 7,3 g/mL e 11,3 g/mL, respectivamente.

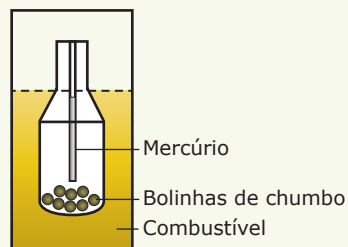
Um lote contendo 5 amostras de solda estanho-chumbo foi analisado por um técnico, por meio da determinação de sua composição percentual em massa, cujos resultados estão mostrados no quadro a seguir:

Amostra	Porcentagem de Sn (%)	Porcentagem de Pb (%)
I	60	40
II	62	38
III	65	35
IV	63	37
V	59	41

Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br>>.

Com base no texto e na análise realizada pelo técnico, as amostras que atendem às normas internacionais são

- A) I e II.  
 B) I e III.  
 C) II e IV.  
 D) III e V.  
 E) IV e V.
- 04.** (Enem) Com a frequente adulteração de combustíveis, além de fiscalização, há necessidade de prover meios para que o consumidor verifique a qualidade do combustível. Para isso, nas bombas de combustível existe um densímetro, semelhante ao ilustrado na figura. Um tubo de vidro fechado fica imerso no combustível devido ao peso das bolinhas de chumbo colocadas no seu interior. Uma coluna vertical central marca a altura de referência, que deve ficar abaixo ou no nível do combustível para indicar que sua densidade está adequada. Como o volume do líquido varia com a temperatura mais que o do vidro, a coluna vertical é preenchida com mercúrio para compensar variações de temperatura.



De acordo com o texto, a coluna vertical de mercúrio, quando aquecida,

- A) indica a variação da densidade do combustível com a temperatura.  
 B) mostra a diferença de altura da coluna a ser corrigida.  
 C) mede a temperatura ambiente no momento do abastecimento.  
 D) regula a temperatura do densímetro de acordo com a do ambiente.  
 E) corrige a altura de referência de acordo com a densidade do líquido.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

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

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

### Propostos

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

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

### Seção Enem

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

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



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

## Cálculos Químicos

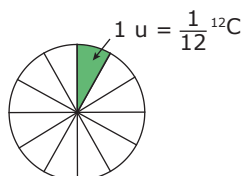
Antes de mais nada, o que significa medir? Medir é comparar algo com um padrão fundamental previamente estabelecido. O padrão escolhido para massa foi o quilograma (kg), seus múltiplos e submúltiplos. Porém, para medirmos a massa das espécies químicas, esse padrão revela-se incompatível, uma vez que é infinitas vezes maior que o objeto a ser analisado. Por isso, iremos definir um novo padrão de comparação para determinar a massa no "mundo atômico".

Começaremos medindo a massa da unidade fundamental da matéria: o átomo. O átomo é uma espécie química muito pequena e, por isso, não poderemos utilizar os padrões usuais de medida de massa, como o grama, o quilograma ou a tonelada. Portanto, temos a necessidade de definir um novo padrão de comparação de massa para a determinação da massa de um único átomo, denominada massa atômica. O que seria tão pequeno quanto um átomo para ser utilizado como padrão de comparação? Resposta: outro átomo. Qual? Foi escolhido o átomo de carbono-12 e foi atribuída a ele a massa padrão 12 u\*.

O **átomo padrão**, na escala de massas atômicas, é o átomo de carbono, isótopo 12 ( $^{12}\text{C}$ ), cuja massa atômica foi fixada em 12 unidades (12 u).

### UNIDADE DE MASSA ATÔMICA (u)

Ao definirmos o átomo padrão, deparamo-nos com o seguinte problema: existem átomos de outros elementos químicos que são menores do que o carbono-12. Como solução do problema, convencionamos que a unidade padrão para a medição da massa das espécies químicas não era a massa do carbono-12, mas sim a décima segunda parte dessa massa.



Átomo de  $^{12}\text{C}$

(u)  $\Rightarrow$  é  $\frac{1}{12}$  da massa do átomo  $^{12}\text{C}$ .

Podemos ainda relacionar a unidade de massa atômica com o equivalente em gramas. Temos, então:

1 mol de átomos de C — 12 g —  $6,022141 \cdot 10^{23}$  átomos de C

x — 1 átomo de C

$$6,022141 \cdot 10^{23} \cdot x = 12$$

$$x = \frac{12}{6,022141 \cdot 10^{23}}$$

$$x = 1,993 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

Como uma unidade de massa atômica corresponde a 1/12 da massa do carbono-12, temos:

$$1 \text{ u} = 1/12 \cdot 1,99335 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

$$1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

### MASSA ATÔMICA DE UM ELEMENTO



É a massa de um átomo de um elemento, expressa em unidades de massa atômica (u).

#### Exemplo:

Massa atômica do titânio (Ti) = 48 u.

A partir desse valor, podemos concluir que

1. um átomo de Ti tem a massa de 48 u.
2. um átomo de Ti tem sua massa 48 vezes maior que a unidade padrão (u).
3. um átomo de Ti tem sua massa 48 vezes maior que 1/12 da massa do átomo de  $^{12}\text{C}$ .
4. um átomo de Ti tem sua massa 4 vezes maior que a massa de um átomo de  $^{12}\text{C}$ .

Na tabela periódica, o que encontramos não é a massa atômica de um isótopo específico de um dado elemento, e sim a média ponderada de todos os seus isótopos.

**Exemplo:** Cl  $\left\{ \begin{array}{l} ^{35}\text{Cl} \dots\dots\dots 75\% \\ ^{37}\text{Cl} \dots\dots\dots 25\% \end{array} \right.$

Massa atômica (MA) do cloro:

$$\text{MA} (\text{Cl}) = \frac{35 \cdot 75\% + 37 \cdot 25\%}{100\%} = 35,5 \text{ u}$$

\*u  $\Rightarrow$  unidade de massa atômica; unidade padrão utilizada para a medição da massa das espécies químicas.

## MASSA MOLECULAR DE UMA SUBSTÂNCIA



É a massa de uma espécie química (molécula, aglomerado iônico ou íon composto) de uma substância, expressa em unidades de massa atômica (u).

Numericamente, a massa molecular é obtida pela soma das massas atômicas de todos os átomos contidos em uma espécie química.

### Exemplo:

Massas atômicas: H = 1 u; O = 16 u

Massa molecular da  $\text{H}_2\text{O}$  =  $(2 \cdot 1 + 16)$  u = 18 u

A partir desse valor, podemos concluir que

1. uma molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  tem a massa 18 vezes maior que 1/12 do átomo de  $^{12}\text{C}$ .
2. uma molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  tem a massa 18 vezes maior que a unidade padrão (u).
3. uma molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  tem a massa 1,5 vezes maior que um átomo de  $^{12}\text{C}$ .

## CONSTANTE DE AVOGADRO



O primeiro cientista a defender a ideia de que uma amostra de um elemento, com massa em gramas numericamente igual à massa atômica, apresenta sempre o mesmo número de átomos (N) foi Amedeo Avogadro (1776-1856). Ele não conseguiu determinar o valor de N.

Mais tarde, quando a constante N foi determinada, ela recebeu o nome de constante de Avogadro ou número de Avogadro.

Seu valor é numericamente igual ao número de átomos de  $^{12}\text{C}$  contidos em 12 g de  $^{12}\text{C}$ . Esse valor é determinado experimentalmente e é igual a  $6,02 \cdot 10^{23}$ .

## MOL

É um conjunto que contém  $6,02 \cdot 10^{23}$  espécies químicas constituintes de um determinado material.

### Exemplos:

1. 1 mol de  $\text{H}_2\text{O}$  é a quantidade de matéria que contém  $6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$ .
2. 1 mol de  $\text{NaCl}$  é a quantidade de matéria que contém  $6,02 \cdot 10^{23}$  aglomerados iônicos de cloreto de sódio, ou seja,  $6,02 \cdot 10^{23}$  cátions  $\text{Na}^+$  e  $6,02 \cdot 10^{23}$  ânions  $\text{Cl}^-$ .

3. 2 mol de Ti é a quantidade de matéria que contém  $2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$ , ou seja,  $12,04 \cdot 10^{23}$  átomos de Ti.
4. 2 mol de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  é a quantidade de matéria que contém  $2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$ , ou seja,  $12,04 \cdot 10^{23}$  moléculas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Ou, ainda,  $24,08 \cdot 10^{23}$  átomos do elemento hidrogênio,  $12,04 \cdot 10^{23}$  átomos do elemento enxofre e  $48,16 \cdot 10^{23}$  átomos do elemento oxigênio.

## MASSA MOLAR (M)



É a massa em gramas que contém  $6,02 \cdot 10^{23}$  espécies químicas. Sua unidade é g/mol ou  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

### Exemplos:

1. Massa molar do oxigênio (O) =  $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Um mol de átomos de oxigênio tem a massa de 16 g  $\rightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$  átomos de oxigênio têm a massa de 16 g.
2. Massa molar da glicose ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) =  $180 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Um mol de moléculas de glicose tem a massa de 180 g  $\rightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas de glicose têm a massa de 180 g.
3. Massa molar do íon ( $\text{NH}_4^+$ ) =  $18 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

Um mol de íons amônio tem a massa de 18 g  $\rightarrow 6,02 \cdot 10^{23}$  íons amônio têm a massa de 18 g.

## QUANTIDADE DE MATÉRIA (n)



É a grandeza que indica o número de mols contido em um determinado sistema. Para calcularmos a quantidade de matéria, podemos utilizar a seguinte expressão:

$$n = \frac{\text{massa (g)}}{\text{massa molar (g}\cdot\text{mol}^{-1})} \text{ ou } n = \frac{m}{M}$$

A unidade da quantidade de matéria é o mol.

### Exemplo:

Em um sistema, encontramos 900 g de glicose. Qual a quantidade de matéria contida nele?

Massa molar do  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  =  $180 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = \frac{900 \text{ g}}{180 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 5 \text{ mol}$$

Logo, a quantidade de matéria contida no sistema é igual a cinco mols de moléculas de  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , consequentemente, 900 g de glicose contém  $5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas de glicose.

## OBSERVAÇÕES

- O plural de mol é mols. Quando a palavra "mol" representa uma unidade, ela não pode ser flexionada no plural. Veja: 5 mol (escreve-se a unidade no singular e lê-se no plural, cinco mols).
- O termo "quantidade de matéria" é atualmente recomendado pela IUPAC. Esse termo veio substituir o termo "número de mols".

## EXERCÍCIO RESOLVIDO

01. (PUC Minas) Leia o texto a seguir e responda.

**Suplemento com cromo pode causar câncer**

O picolinato de cromo ( $C_{18}H_{12}N_3O_6Cr$ ), um dos suplementos de dieta mais usados por frequentadores de academia de ginástica e por pessoas que querem perder peso, pode provocar câncer. Testes de laboratório mostram que o produto, o mais popular dos suplementos de cromo, causa sérios danos aos cromossomos.

ESTADO DE S. PAULO, 26 out. 1999.

Se uma pessoa ingerir 209 g de picolinato de cromo anualmente, estará ingerindo, exceto

- 26 g de cromo.
- $3,60 \cdot 10^{23}$  átomos de oxigênio.
- $3,01 \cdot 10^{23}$  moléculas de picolinato de cromo.
- 9 mol de carbono.

**Resolução:**

Iniciaremos calculando a massa molar do picolinato de cromo.

$$M(C_{18}H_{12}N_3O_6Cr) = (18 \cdot 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}) + (12 \cdot 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}) + (3 \cdot 14,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}) + (6 \cdot 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}) + 52,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(C_{18}H_{12}N_3O_6Cr) = 418,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

- A) Alternativa correta

$$418,0 \text{ g de } C_{18}H_{12}N_3O_6Cr \text{ — } 52,0 \text{ g de Cr}$$

$$209 \text{ g de } C_{18}H_{12}N_3O_6Cr \text{ — } x$$

$$x = 26,0 \text{ gramas de cromo}$$

- B) Alternativa incorreta

$$418,0 \text{ g de } C_{18}H_{12}N_3O_6Cr \text{ — } 6 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ átomos de O}$$

$$209 \text{ g de } C_{18}H_{12}N_3O_6Cr \text{ — } y$$

$$y = 18,06 \cdot 10^{23} \text{ átomos de oxigênio}$$

- C) Alternativa correta

$$418,0 \text{ g de } C_{18}H_{12}N_3O_6Cr \text{ — } 6,02 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de } C_{18}H_{12}N_3O_6Cr$$

$$209 \text{ g de } C_{18}H_{12}N_3O_6Cr \text{ — } z$$

$$z = 3,01 \cdot 10^{23} \text{ moléculas de picolinato de cromo}$$

- D) Alternativa correta

$$418,0 \text{ g de } C_{18}H_{12}N_3O_6Cr \text{ — } 18,0 \text{ mol de C}$$

$$209 \text{ g de } C_{18}H_{12}N_3O_6Cr \text{ — } w$$

$$w = 9,0 \text{ mol carbono}$$

**Resposta:** Alternativa B.

## VOLUME MOLAR

É o volume ocupado por um mol de qualquer substância a uma determinada temperatura e pressão. O volume molar apresenta uma maior importância no estudo dos gases; por isso, neste tópico, daremos ênfase ao cálculo do volume molar para gases.

Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, o volume molar de qualquer gás é sempre o mesmo. Particularmente nas CNTP (condições normais de temperatura e pressão: 0 °C e 1 atm ou  $1,01325 \cdot 10^5$  Pa), 1 mol de qualquer gás ocupa um volume de 22,4 L.

Mais recentemente, a IUPAC alterou o valor da pressão nas CNTP de modo que os seus novos valores são: 0 °C e 1 bar ( $1,0 \cdot 10^5$  Pa); e o novo valor do volume molar passou a ser 22,71 L.

Para quaisquer valores de temperatura e de pressão, podemos calcular o valor do volume molar por meio da equação de Clapeyron para os gases ideais.

**Exemplos:**

- 22,71 L de  $O_2$  nas CNTP equivalem a 1,0 mol de  $O_2$  e 2,0 mol de átomos de O.
- 3,0 mol de  $CO_2$  nas CNTP ocupam um volume de 68,13 L e apresentam 3,0 mol de átomos de C e 6,0 mol de átomos de O.
- 92,0 gramas de  $NO_2$  contêm 2,0 mol de  $NO_2$  e, portanto, nas CNTP ocupam um volume de 45,42 L.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** Sabendo-se que a massa atômica da prata é igual a 108 u, assinale a alternativa incorreta.
- A) Um átomo de prata tem a massa de 108 u.  
 B) Um átomo de prata tem sua massa 108 vezes maior que a massa do átomo de  $^{12}\text{C}$ .  
 C) Um átomo de prata tem sua massa 108 vezes maior que 1/12 da massa do átomo de  $^{12}\text{C}$ .  
 D) Um átomo de prata tem sua massa 9 vezes maior que a massa de um átomo de  $^{12}\text{C}$ .
- 02.** (UERJ-2015) Em 1815, o médico inglês William Prout formulou a hipótese de que as massas atômicas de todos os elementos químicos corresponderiam a um múltiplo inteiro da massa atômica do hidrogênio. Já está comprovado, porém, que o cloro possui apenas dois isótopos e que sua massa atômica é fracionária. Os isótopos do cloro, de massas atômicas 35 e 37, estão presentes na natureza, respectivamente, nas porcentagens de
- A) 55% e 45%.                      C) 75% e 25%.  
 B) 65% e 35%.                      D) 85% e 15%.
- 03.** (UFRGS-RS-2018) O elemento bromo apresenta massa atômica 79,9. Supondo que os isótopos  $^{79}\text{Br}$  e  $^{81}\text{Br}$  tenham massas atômicas, em unidade de massa atômica, exatamente iguais aos seus respectivos números de massa, qual será a abundância relativa de cada um dos isótopos?
- A) 75%  $^{79}\text{Br}$  e 25%  $^{81}\text{Br}$ .                      D) 45%  $^{79}\text{Br}$  e 55%  $^{81}\text{Br}$ .  
 B) 55%  $^{79}\text{Br}$  e 45%  $^{81}\text{Br}$ .                      E) 25%  $^{79}\text{Br}$  e 75%  $^{81}\text{Br}$ .  
 C) 50%  $^{79}\text{Br}$  e 50%  $^{81}\text{Br}$ .
- 04.** (UESPI) Os avanços tecnológicos na eletrônica levaram à invenção do espectrômetro de massa, um aparelho que determina a massa de um átomo. Um mineiro, procurando ouro em um riacho, coleta 10 g de peças finas de ouro conhecidas como "pó de ouro". Sabendo que a massa de um átomo de ouro é  $3,27 \cdot 10^{-25}$  kg, calcule quantos átomos de ouro o mineiro coletou.
- A)  $3 \cdot 10^{25}$                       C)  $5 \cdot 10^{20}$                       E)  $7 \cdot 10^{16}$   
 B)  $3 \cdot 10^{22}$                       D)  $5 \cdot 10^{17}$
- 05.** (PUC-Campinas-SP-2016) O consumo excessivo de sal pode acarretar o aumento da pressão das artérias, também chamada de hipertensão. Para evitar esse problema, o Ministério da Saúde recomenda o consumo diário máximo de 5 g de sal (1,7 g de sódio). Uma pessoa que consome a quantidade de sal máxima recomendada está ingerindo um número de íons sódio igual a
- Dados:**  
 Massa molar do Na = 23,0 g/mol;  
 Constante de Avogadro:  $6,0 \cdot 10^{23}$  mol $^{-1}$ .
- A)  $1,0 \cdot 10^{21}$                       C)  $3,8 \cdot 10^{22}$                       E)  $6,0 \cdot 10^{23}$   
 B)  $2,4 \cdot 10^{21}$                       D)  $4,4 \cdot 10^{22}$

- 06.** (Mackenzie-SP) O 1-metilciclopenteno ( $\text{C}_6\text{H}_{10}$ ) é um produto bloqueador da ação do etileno e tem sido utilizado com sucesso em flores, hortaliças e frutos, retardando o amadurecimento desses vegetais, aumentando, por isso, a sua vida útil.

Considerando que sejam utilizados 8,2 kg de 1-metilciclopenteno para atrasar o amadurecimento de algumas frutas, é correto afirmar que se gastou:

**Dados:** Massas molares (g.mol $^{-1}$ )

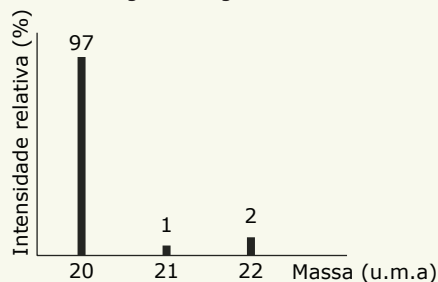
H = 1; C = 12.

- A)  $1,0 \cdot 10^{-1}$  mol de  $\text{C}_6\text{H}_{10}$                       D)  $1,0 \cdot 10^2$  mol de  $\text{C}_6\text{H}_{10}$   
 B) 1,0 mol de  $\text{C}_6\text{H}_{10}$                       E)  $1,0 \cdot 10^3$  mol de  $\text{C}_6\text{H}_{10}$   
 C)  $1,0 \cdot 10^1$  mol de  $\text{C}_6\text{H}_{10}$
- 07.** (OBQ) Uma amostra de dióxido de carbono, pesando 22,0 mg,
- A) contém  $3,01 \cdot 10^{20}$  mol de  $\text{CO}_2$ .  
 B) contém  $3,01 \cdot 10^{23}$  moléculas.  
 C) contém  $6,02 \cdot 10^{23}$  átomos de oxigênio.  
 D) ocupa o volume de 11,2 mL em CNTP.  
 E) ocupa o volume de 1,12 L em CNTP.
- 08.** (UEA-AM-2017) O volume ocupado por 0,5 mol de hidrogênio gasoso,  $\text{H}_{2(g)}$ , em determinadas condições de pressão e temperatura, é igual a 24,6 L. Nessas mesmas condições de pressão e temperatura, o volume molar desse gás (volume ocupado por 1,0 mol de gás), em L/mol, é igual a:
- A) 12,3                      C) 49,2                      E) 95,4  
 B) 24,6                      D) 73,8

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UFV-MG) Joias de ouro são fabricadas a partir de ligas contendo, comumente, além desse metal, prata e cobre. Isso porque o ouro é um metal muito macio. Ouro 18 quilates, por exemplo, contém 75% de ouro, sendo o restante usualmente prata e cobre. Considerando uma pulseira que pesa 26,376 g, contendo 19,700 g de ouro, 4,316 g de prata e 2,540 g de cobre, a proporção de átomos de cada elemento (Au : Ag : Cu) nessa liga será
- A) 2,000 : 1,000 : 1,000.                      D) 10,00 : 4,000 : 4,000.  
 B) 19,70 : 4,316 : 2,540.                      E) 197,0 : 107,9 : 63,50.  
 C) 7,756 : 1,628 : 1,000.
- 02.** (UFG-GO) A análise de massas de um elemento químico demonstrou a existência de três isótopos, conforme representado na figura a seguir.



Considerando as abundâncias apresentadas, conclui-se que a massa média para esse elemento é:

- A) 20,05                                  D) 19,40  
 B) 21,00                                  E) 20,40  
 C) 20,80

**03.**  
DCDK

(IFSul-2015) Em uma restauração dentária, foi usada uma amálgama que continha cerca de 40% (em massa) de mercúrio.

Ao usar 1,0 g dessa amálgama no tratamento, quantos átomos de mercúrio serão colocados na cavidade dentária?

- A)  $2 \cdot 10^{-3}$   
 B)  $5 \cdot 10^{-3}$   
 C)  $1,2 \cdot 10^{21}$   
 D)  $3,0 \cdot 10^{21}$

**04.**  
Q2WT

(IMED-2016) Assinale a alternativa que apresenta a massa, em gramas, de um átomo de Vanádio.

Considere:  $M.A(V) = 51$  u e o número de Avogadro:  $6,02 \cdot 10^{23}$

- A)  $8,47 \cdot 10^{-23}$  g                                  D)  $307 \cdot 10^{23}$  g  
 B)  $8,47 \cdot 10^{23}$  g                                  E)  $3,07 \cdot 10^{21}$  g  
 C)  $307 \cdot 10^{-23}$  g

**05.**  
KXIF

(PUC Rio) Oxigênio é um elemento químico que se encontra na natureza sob a forma de três isótopos estáveis: oxigênio 16 (ocorrência de 99%); oxigênio 17 (ocorrência de 0,60%) e oxigênio 18 (ocorrência de 0,40%). A massa atômica do elemento oxigênio, levando em conta a ocorrência natural dos seus isótopos, é igual a:

- A) 15,84                                          D) 16,116  
 B) 15,942                                        E) 16,188  
 C) 16,014

**06.**  
UBU7

(PUC Rio) A massa, em gramas, de  $6,02 \cdot 10^{23}$  moléculas de uma substância é igual à massa molar dessa substância. Essa relação permite o cálculo da massa de uma molécula de  $SO_2$ , que é, em gramas, mais próximo do valor:

**Dados:** Massas molares

S = 32; O = 16.

- A)  $1.0 \cdot 10^{-24}$                                   D)  $1.0 \cdot 10^{21}$   
 B)  $1.0 \cdot 10^{-23}$                                   E)  $1.0 \cdot 10^{23}$   
 C)  $1.0 \cdot 10^{-22}$

**07.**  
BMYV

(FAMERP-SP-2016) Ureia,  $CO(NH_2)_2$ , e sulfato de amônio,  $(NH_4)_2SO_4$ , são substâncias amplamente empregadas como fertilizantes nitrogenados.

A massa de sulfato de amônio, em gramas, que contém a mesma massa de nitrogênio existente em 60 g de ureia é, aproximadamente,

- A) 245  
 B) 60  
 C) 28  
 D) 184  
 E) 132

**08.**  
RYN5

(IFCE) A quantidade de átomos de carbono contida em 80 gramas de gás propano ( $C_3H_8$ ) e a massa, em gramas, de 1 (uma) molécula de  $C_3H_8$  são, aproximadamente,

**Dados:** Massa atômica do carbono = 12 u, hidrogênio = 1 u e a constante de Avogadro =  $6 \cdot 10^{23}$

- A)  $3,87 \cdot 10^{24}$  e  $7,33 \cdot 10^{-23}$ .  
 B)  $3,27 \cdot 10^{-24}$  e  $7,33 \cdot 10^{-23}$ .  
 C)  $1,09 \cdot 10^{24}$  e  $7,33 \cdot 10^{-23}$ .  
 D)  $1,09 \cdot 10^{24}$  e  $7,33 \cdot 10^{23}$ .  
 E)  $3,27 \cdot 10^{24}$  e  $7,33 \cdot 10^{-23}$ .

**09.**

(FMTM-MG) O nitrogênio é um elemento essencial para o sistema biológico, sendo constituinte de aminoácido e de enzimas. Na atmosfera, é o principal componente na forma de moléculas diatômicas altamente estáveis, contudo, forma com o oxigênio diversos compostos gasosos. Uma mistura de gases foi preparada a partir de 22 g de  $N_2O$ , 3,0 mol de moléculas de  $N_2O_4$  e  $2,4 \cdot 10^{24}$  moléculas de  $NO_2$ . A quantidade total, em mol, de átomos de nitrogênio na mistura é:

- A) 9,0                                                  D) 10,5  
 B) 9,5                                                  E) 11,0  
 C) 10,0

**10.**  
C3NR

(UFRGS-RS-2016) O sal rosa do Himalaia é um sal rochoso muito apreciado em gastronomia, sendo obtido diretamente de uma reserva natural aos pés da cordilheira. Apresenta baixo teor de sódio e é muito rico em sais minerais, alguns dos quais lhe conferem a cor característica.

Considere uma amostra de 100 g de sal rosa que contenha em sua composição, além de sódio e outros minerais, os seguintes elementos nas quantidades especificadas:

Magnésio = 36 mg

Potássio = 39 mg

Cálcio = 48 mg

Os elementos, colocados na ordem crescente de número de mols presentes na amostra, são

- A) K, Ca, Mg.                                      D) Ca, Mg, K.  
 B) K, Mg, Ca.                                     E) Ca, K, Mg.  
 C) Mg, K, Ca.

**11.**  
Z431

(PUC-Campinas-SP-2016) O bronze campanil, ou bronze de que os sinos são feitos, é uma liga composta de 78% de cobre e 22% de estanho, em massa.

Assim, a proporção em mol entre esses metais, nessa liga, é, respectivamente, de 1,0 para:

**Dados:**

Massas molares (g/mol)

Cu = 63,5;

Sn = 118,7.

- A) 0,15                                              D) 0,57  
 B) 0,26                                              E) 0,79  
 C) 0,48

**12.** (UFPB) Vidros de vasilhames contêm cerca de 80% de  $\text{SiO}_2$  em sua composição. Assim, considerando esse percentual, é correto afirmar que, em 525 g de vidro de vasilhame, a quantidade de matéria de  $\text{SiO}_2$  é:

- A) 4 mol  
B) 14 mol  
C) 7 mol  
D) 3 mol  
E) 9 mol

**13.** (UFG-GO) Um determinado volume de água foi colocado em um recipiente de formato cúbico e em seguida resfriado a  $0^\circ\text{C}$ . Após a mudança de estado físico, um analista determinou o número de moléculas presentes no cubo de água formado. Desprezando possíveis efeitos de compressão ou expansão e admitindo a aresta do cubo igual a 3 cm, o número de moléculas de água presentes no cubo será, aproximadamente, igual a:

**Dados:**

Densidade da água:  $1\text{ g/cm}^3$ ;

Constante de Avogadro:  $6 \cdot 10^{23}$ .

- A)  $1 \cdot 10^{23}$   
B)  $3 \cdot 10^{23}$   
C)  $5 \cdot 10^{23}$   
D)  $7 \cdot 10^{23}$   
E)  $9 \cdot 10^{23}$

**14.** (Unicamp-SP) Entre os vários íons presentes em 200 mililitros de água de coco há aproximadamente 320 mg de potássio, 40 mg de cálcio e 40 mg de sódio. Assim, ao beber água de coco, uma pessoa ingere quantidades diferentes desses íons, que, em termos de massa, obedecem à sequência: potássio > sódio = cálcio. No entanto, se as quantidades ingeridas fossem expressas em mol, a sequência seria

**Dados de massas molares em g/mol:** cálcio = 40, potássio = 39 e sódio = 23.

- A) potássio > cálcio = sódio.  
B) cálcio = sódio > potássio.  
C) potássio > sódio > cálcio.  
D) cálcio > potássio > sódio.

**15.** (UFRGS-RS) A tabela a seguir contém alguns dados sobre as substâncias ácido acetilsalicílico, paracetamol e dipirona sódica, utilizadas como fármacos analgésicos.

Substância	Ácido acetilsalicílico	Paracetamol	Dipirona sódica
Fórmula	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$	$\text{C}_8\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$	$\text{C}_{13}\text{H}_{16}\text{O}_4\text{N}_3\text{SNa}$
Massa molar ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	180	151	333

Levando em conta três amostras que contêm, cada uma, 10 g de uma dessas substâncias puras, considere as afirmações, a seguir, sobre elas.

- I. A amostra de paracetamol apresentará o maior número de mols de substância.  
II. A amostra de dipirona apresentará a maior massa de oxigênio.

III. As amostras de ácido acetilsalicílico e de dipirona apresentarão o mesmo número de mols de átomos de oxigênio.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

**16.** (UFRGS-RS) Em 2012, após décadas de pesquisas, cientistas anunciaram, na Suíça, terem detectado uma partícula compatível com o denominado bóson de Higgs, partícula que dá origem à massa. Essa partícula foi detectada no maior acelerador de partículas do mundo, o Large Hadron Collider (LHC), onde são realizadas experiências que consistem em acelerar, em direções opostas, feixes de prótons em velocidades próximas à da luz, fazendo-os colidirem entre si para provocar sua decomposição. Nos experimentos realizados no LHC, são injetados, no acelerador, feixes contendo cerca de 100 bilhões de prótons, obtidos da ruptura de átomos de hidrogênio.

Para obter 100 bilhões de prótons, é necessária uma quantidade de átomos de hidrogênio de, aproximadamente,

- A)  $6,02 \cdot 10^{11}$  mol.  
B)  $1,66 \cdot 10^5$  mol.  
C)  $6,02 \cdot 10^{-1}$  mol.  
D)  $3,01 \cdot 10^{-10}$  mol.  
E)  $1,66 \cdot 10^{-13}$  mol.

**17.** (UEMG) Uma alimentação balanceada requer o consumo de cerca de 1 g de fósforo por dia. Nosso corpo apresenta aproximadamente 650 g desse elemento, que é concentrado principalmente nos ossos. Para suprir a necessidade diária de uma pessoa, a extração, por mineração, remove 22,6 kg de rocha fosfática por ano. As rochas fosfáticas podem ser fosforita ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ), fluorapatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ) e hidroxiapatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ).

Massas molares:

$\text{P} = 31\text{ g/mol}$ ;  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 310\text{ g/mol}$ ;  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} = 504\text{ g/mol}$ ;  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH} = 502\text{ g/mol}$ .

Em relação a esse texto, são feitas as seguintes afirmações:

- I. O corpo humano contém cerca de 21 mol de fósforo.  
II. O maior percentual de fósforo está na fluorapatita.  
III. A fosforita apresenta 20% de fósforo.  
IV. Para suprir a necessidade diária de uma pessoa, é necessária a extração de, aproximadamente, 62 g de rocha fosfática por dia.  
A) I, II e III apenas.  
B) II, III e IV apenas.  
C) I, III e IV apenas.  
D) I, II e IV apenas.



**18.** (Unicamp-SP) Acidentes de trânsito causam milhares de mortes todos os anos nas estradas do país. Pneus desgastados ("carecas"), freios em péssimas condições e excesso de velocidade são fatores que contribuem para elevar o número de acidentes de trânsito.

1PKE

Responsável por 20% dos acidentes, o uso de pneu "careca" é considerado falta grave e o condutor recebe punição de 5 pontos na carteira de habilitação. A borracha do pneu, entre outros materiais, é constituída por um polímero de isopreno ( $C_5H_8$ ) e tem uma densidade igual a  $0,92 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Considere que o desgaste médio de um pneu até o momento de sua troca corresponda ao consumo de 31 mol de isopreno e que a manta que forma a banda de rodagem desse pneu seja um retângulo de  $20 \text{ cm} \times 190 \text{ cm}$ . Para esse caso específico, a espessura gasta do pneu seria de, aproximadamente,

**Dados de massas molares em  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :** C = 12 e H = 1.

- A) 0,55 cm.
- B) 0,60 cm.
- C) 0,51 cm.
- D) 0,75 cm.

**19.** (UFG-GO) A substância  $^{32}\text{P}$  é uma espécie radioativa utilizada no tratamento radioterápico de alguns tipos de câncer. Essa substância emite partículas alfa que possuem energia suficiente para combater as células infectadas. Ao introduzir  $10 \mu\text{g}$  de  $^{32}\text{P}$  no organismo, o número de átomos e a massa atômica do produto formado após decaimento radioativo são, respectivamente,

9RA1

**Dado:** Constante de Avogadro =  $6 \cdot 10^{23}$ .

- A)  $1,9 \cdot 10^{23}$  e 36.
- B)  $1,9 \cdot 10^{21}$  e 36.
- C)  $2,1 \cdot 10^{19}$  e 32.
- D)  $2,1 \cdot 10^{17}$  e 28.
- E)  $2,1 \cdot 10^{15}$  e 28.

**20.** (Unicamp-SP-2015) O processo de condenação por falsificação ou adulteração de produtos envolve a identificação do produto apreendido. Essa identificação consiste em descobrir se o produto é aquele informado e se os componentes ali contidos estão na quantidade e na concentração indicadas na embalagem.

247R

- A) Considere que uma análise da Anvisa tenha descoberto que o comprimido de um produto apresentava  $5,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$  do princípio ativo citrato de sildenafil. Esse produto estaria ou não fora da especificação, dado que a sua embalagem indicava haver 50 mg dessa substância em cada comprimido? Justifique sua resposta.
- B) Duas substâncias com efeitos terapêuticos semelhantes estariam sendo adicionadas individualmente em pequenas quantidades em energéticos. Essas substâncias são o citrato de sildenafil e a tadalafila. Se uma amostra da substância adicionada ao energético fosse encontrada, seria possível diferenciar entre o citrato de sildenafil e a tadalafila, a partir do teor de nitrogênio presente na amostra? Justifique sua resposta.

**Dados:** Citrato de sildenafil ( $C_{22}H_{30}N_6O_4S \cdot C_6H_6O_7$ ;  $666,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) e tadalafila ( $C_{22}H_{19}N_3O_4$ ;  $389,4 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).

## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem) O brasileiro consome, em média, 500 miligramas de cálcio por dia, quando a quantidade recomendada é o dobro. Uma alimentação balanceada é a melhor decisão para evitar problemas no futuro, como a osteoporose, uma doença que atinge os ossos. Ela se caracteriza pela diminuição substancial de massa óssea, tornando os ossos frágeis e mais suscetíveis a fraturas.

Disponível em: <[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>.

Acesso em: 01 ago. 2012

(Adaptação).

Considerando-se o valor de  $6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  para a Constante de Avogadro e a massa molar do cálcio igual a  $40 \text{ g/mol}$ , qual a quantidade mínima diária de átomos de cálcio a ser ingerida para que uma pessoa supra suas necessidades?

- A)  $7,5 \cdot 10^{21}$
- B)  $1,5 \cdot 10^{22}$
- C)  $7,5 \cdot 10^{23}$
- D)  $1,5 \cdot 10^{25}$
- E)  $4,8 \cdot 10^{25}$

**02.** (Enem) Aspartame é um edulcorante artificial (adoçante dietético) que apresenta potencial adoçante 200 vezes maior que o açúcar comum, permitindo seu uso em pequenas quantidades. Muito usado pela indústria alimentícia, principalmente nos refrigerantes *diet*, tem valor energético que corresponde a 4 calorias/gramas. É contraindicado a portadores de fenilcetonúria, uma doença genética rara que provoca o acúmulo de fenilalanina no organismo, causando retardo mental. O IDA (índice diário aceitável) desse adoçante é  $40 \text{ mg/kg}$  de massa corpórea.

Disponível em: <<http://boaspraticasfarmaceuticas.com>>.

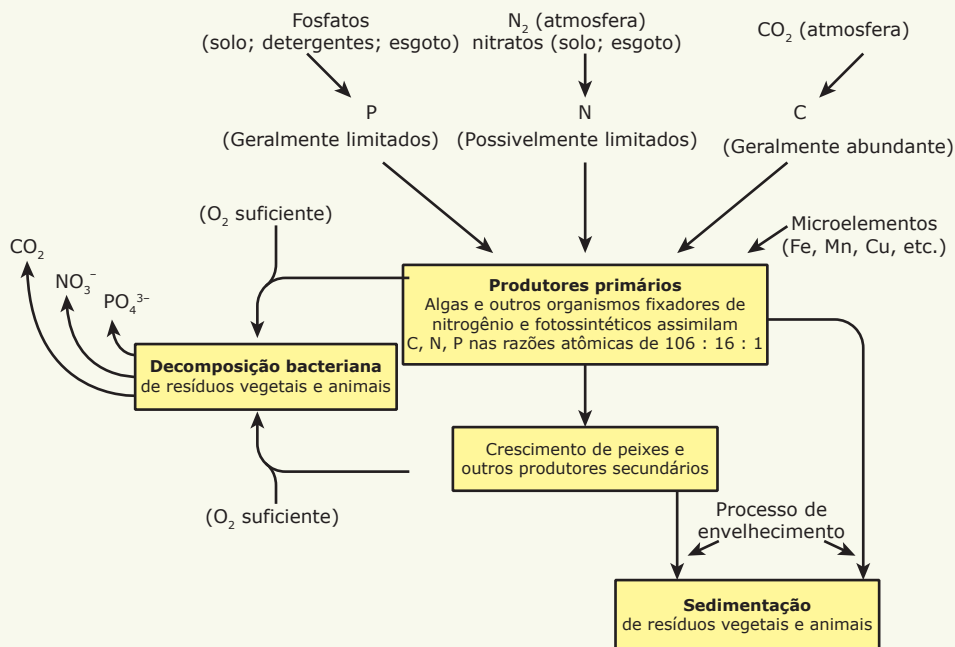
Acesso em: 27 fev. 2012.

Com base nas informações do texto, a quantidade máxima recomendada de aspartame, em mol, que uma pessoa de  $70 \text{ kg}$  de massa corporal pode ingerir por dia é mais próxima de:

**Dado:** massa molar do aspartame =  $294 \text{ g/mol}$ .

- A)  $1,3 \cdot 10^{-4}$
- B)  $9,5 \cdot 10^{-3}$
- C)  $4 \cdot 10^{-2}$
- D) 2,6
- E) 823

**03.** (Enem) A eutrofização é um processo em que rios, lagos e mares adquirem níveis altos de nutrientes, especialmente fosfatos e nitratos, provocando posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição. Os nutrientes são assimilados pelos produtores primários e o crescimento desses é controlado pelo nutriente limitrofe, que é o elemento menos disponível em relação à abundância necessária à sobrevivência dos organismos vivos. O ciclo representado na figura seguinte reflete a dinâmica dos nutrientes em um lago.



SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. *Química Ambiental*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008 (Adaptação).

A análise da água de um lago que recebe a descarga de águas residuais provenientes de lavouras adubadas revelou as concentrações dos elementos carbono (21,2 mol/L), nitrogênio (1,2 mol/L) e fósforo (0,2 mol/L). Nessas condições, o nutriente limitante é o

- A) C.                      B) N.                      C) P.                      D) CO<sub>2</sub>.                      E) PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

04. Em um rótulo de leite em pó integral, lê-se:

**Modo de preparar**

Coloque o leite instantâneo sobre água quente ou fria, previamente fervida. Mexa ligeiramente e complete com água a medida desejada.

Para um copo de 200 mL, coloque 2 colheres bem cheias (30 g).

**Composição média do produto em pó**

<b>Gordura</b>	26%	<b>Sais minerais</b>	6%
<b>Proteínas</b>	30%	<b>Água</b>	3% no pó
<b>Lactose (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>)</b>	35%	<b>Lecitina</b>	0,2% no pó

Supondo que a composição corresponda ao percentual em massa de cada componente e que a constante de Avogadro valha  $6 \cdot 10^{23}$ , a quantidade em mol de lactose em dois copos de leite integral é igual a

**Dados:** M(C) = 12 g.mol<sup>-1</sup>, M(O) = 16 g.mol<sup>-1</sup>, M(H) = 1 g.mol<sup>-1</sup>.

- A) 0,61 mol.  
 B) 0,122 mol.  
 C) 0,061 mol.  
 D) 0,00122 mol.  
 E) 6,1 mol.

**GABARITO**

Meu aproveitamento

**Aprendizagem**

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

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

**Propostos**

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

01. D     06. C     11. A     16. E  
 02. A     07. E     12. C     17. C  
 03. C     08. E     13. E     18. B  
 04. A     09. E     14. C     19. D  
 05. C     10. A     15. A

20.  
 A) O produto estaria fora da especificação da embalagem, pois existem apenas 35 mg do princípio ativo.  
 B) É possível diferenciar as duas substâncias, já que elas apresentam teores de nitrogênio diferentes em sua constituição. O teor de nitrogênio no citrato de sildenafil é igual a 12,6% e o teor de nitrogênio na tadalafila é igual a 10,8%.

**Seção Enem**

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

01. B     02. B     03. B     04. C

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

## Reações Nucleares I

### O ÁTOMO

Como sabemos, o átomo é a unidade fundamental da matéria. Ele se divide em duas regiões, uma central, na qual está concentrada praticamente toda a sua massa e toda a sua carga positiva, denominada núcleo, e uma região periférica, na qual se concentra sua carga negativa, denominada eletrosfera. As partículas que formam o núcleo – os prótons e os nêutrons – são denominadas núcleons. As partículas que se encontram distribuídas pela eletrosfera são os elétrons.

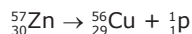
O total de núcleons em um núcleo atômico é denominado número de massa (A).

### REAÇÕES NUCLEARES

As reações nucleares são fenômenos em que ocorre a alteração da constituição dos núcleos. Tais reações acontecem quando há uma alteração no número de prótons ou no número de nêutrons de um núcleo atômico.

Quando a reação nuclear ocorre com a alteração do número de prótons do núcleo, ela é denominada transmutação.

#### Exemplo:



Em um processo de transmutação, a identidade do elemento é alterada, ou seja, um elemento químico se converte em outro elemento. No exemplo anterior, átomos do elemento zinco são convertidos em átomos do elemento cobre.

Alguns processos nucleares ocorrem sem que haja a alteração do número de prótons do núcleo, como a emissão de nêutrons.

#### Exemplo:



No processo anterior, o nuclídeo selênio-91 emite um nêutron sem que haja alteração do número de prótons, transformando-se em outro nuclídeo do mesmo elemento químico, o selênio-90.

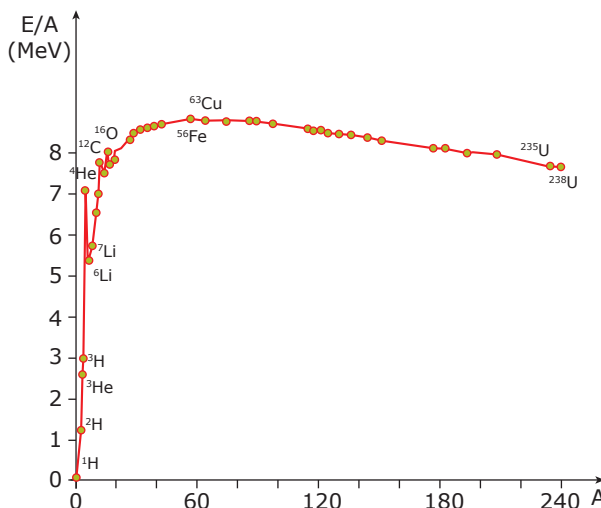
Existem três tipos de reações nucleares:

- **Radioatividade:** Atividade apresentada por alguns núcleos instáveis em que há emissão ou absorção de partículas (prótons, nêutrons, partículas alfa, partículas beta, pósitrons, elétrons, neutrinos e antineutrinos) com emissão de energia eletromagnética (radiação), buscando a sua estabilização.
- **Fissão nuclear:** Ruptura de núcleos atômicos, originando núcleos menores.
- **Fusão nuclear:** Junção de núcleos atômicos, originando núcleos maiores.

### ESTABILIDADE NUCLEAR

A estabilidade nuclear de um nuclídeo está associada à sua energia de ligação nucleônica. Quanto maior for a energia de ligação, menor será a energia armazenada no núcleo e, conseqüentemente, maior será a estabilidade do nuclídeo.

O gráfico a seguir representa a energia de ligação por núcleon (E/A) em função do número de núcleons (A).



Tendência da estabilidade nuclear de alguns elementos químicos.

O níquel-62 é o nuclídeo com maior energia de ligação entre todos os nuclídeos conhecidos.

Os nuclídeos próximos ao ferro-56 e ao níquel-62 são muito estáveis, pois seus núcleons estão fortemente ligados. Os nuclídeos com número de massa muito elevado tornam-se mais estáveis quando sofrem fissão nuclear. Já os nuclídeos com baixo número de massa tornam-se mais estáveis quando sofrem fusão nuclear.

A estabilidade nuclear depende diretamente da relação entre o número de nêutrons e o número de prótons.

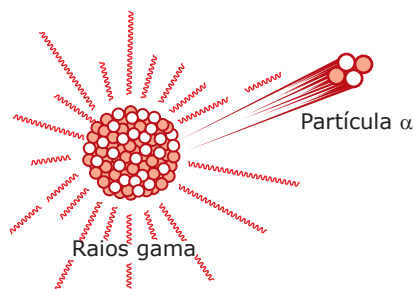
$\frac{n}{p}$ entre 1 e 1,5	Estabilidade. Exceto o ${}^1_1\text{H}$ , todos os núcleos estáveis contêm pelo menos um nêutron. À medida que o número de prótons do núcleo aumenta, o número de nêutrons por próton também aumenta.
$\frac{n}{p} > 1,5$ ( $n > p$ )	Instabilidade. Tendência de emissão de partículas ${}^0_{-1}\beta$ ou ${}^1_0\text{n}$ quando possuem muitos nêutrons em relação ao número de prótons.
$\frac{n}{p} < 1$ ( $p > n$ )	Instabilidade. Emissão de pósitrons ( ${}^0_{+1}\beta$ ) ou captura K (captura de um elétron da camada K da eletrosfera e emissão de raios X).

Relação entre o número de nêutrons e de prótons e a estabilidade nuclear.

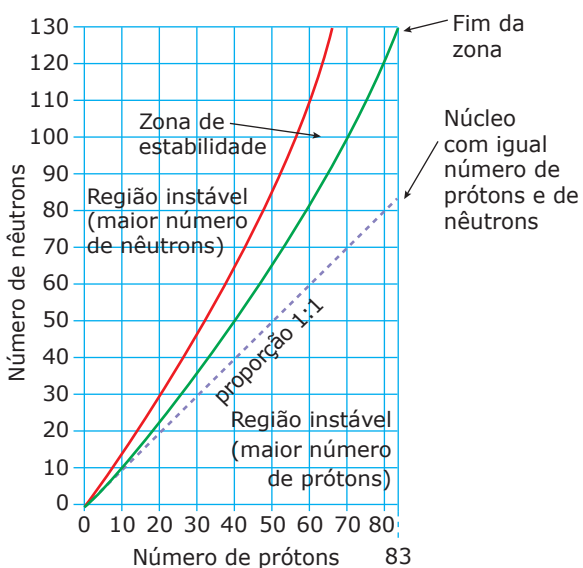
**Exemplos:**

1. Desintegração beta:  ${}^{133}_{54}\text{Xe} \rightarrow {}^{133}_{55}\text{Cs} + {}^0_{-1}\beta$
2. Emissão de nêutrons:  ${}^{90}_{36}\text{Kr} \rightarrow {}^{89}_{36}\text{Kr} + {}^1_0\text{n}$
3. Emissão de pósitron:  ${}^{105}_{48}\text{Cd} \rightarrow {}^{105}_{47}\text{Ag} + {}^0_{+1}\beta$
4. Captura K:  ${}^{127}_{54}\text{Xe} + e^- \rightarrow {}^{127}_{53}\text{I}$

Em alguns casos, o número de prótons e de nêutrons é tão alto que a força de ligação nuclear não é suficiente para mantê-los unidos. Nesses casos, ocorre emissão alfa para diminuir tanto o número de nêutrons como o de prótons.



Representação de um nuclídeo instável emitindo partícula alfa e raios gama.



Relação do número de prótons e de nêutrons com a estabilidade.

# RADIOATIVIDADE

A radioatividade é um fenômeno nuclear, isto é, deve-se unicamente à emissão de partículas e radiações pelo núcleo atômico, em um processo que ocorre com a finalidade de atingir a estabilidade nuclear.

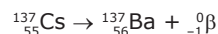
## Transmutação

Ocorre transmutação quando os átomos sofrem transformações em seus núcleos, originando átomos de um novo elemento.

### Transmutação natural

Ocorre com a emissão espontânea de partículas por parte do núcleo.

**Exemplo:**



### Transmutação artificial

É provocada por bombardeamentos de núcleos com partículas subatômicas. As principais partículas utilizadas são partículas alfa, prótons e deutêrons.

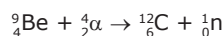
Atualmente, essas reações são feitas, em geral, nos aceleradores de partículas de alta energia, como o cíclotron, o síncroton e o acelerador linear.

Seguem algumas transmutações artificiais importantes e seus respectivos pesquisadores.

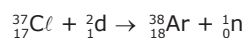
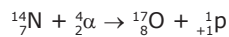
1. Ernest Rutherford (1919): Descoberta do próton.



2. James Chadwick (1932): Descoberta do nêutron.



Em equações de transmutação, é fundamental a igualdade algébrica entre os índices que representam o número de massa e o número atômico.

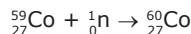


## Átomos radioativos artificiais

Átomos estáveis podem ser transformados em radioativos artificialmente.

**Exemplo:**

Formação do isótopo radioativo  $^{60}_{27}\text{Co}$  a partir do  $^{59}_{27}\text{Co}$  natural e não radioativo pelo bombardeamento com nêutrons lentos.



A radiação do  $^{60}_{27}\text{Co}$  consiste em partículas  $\beta$  e raios  $\gamma$ .



O  $^{60}_{27}\text{Co}$  é utilizado no tratamento de várias formas de câncer (Bomba de Cobalto).

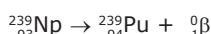
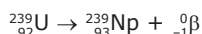
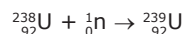
### Elementos artificiais

São divididos em cisurânicos e transurânicos.

Os elementos **cisurânicos** são elementos artificiais com número atômico inferior a 92 (urânio). São quatro: promécio, tecnécio, frâncio e astato.

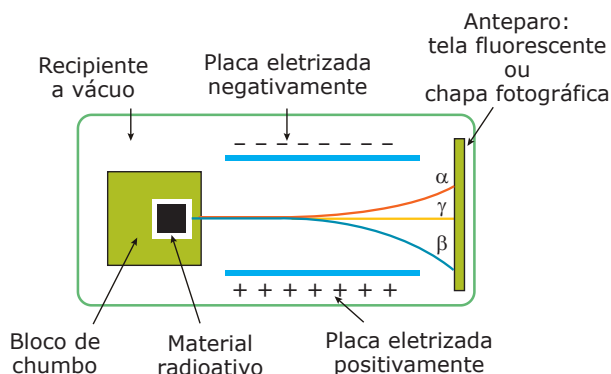
Os elementos **transurânicos** são elementos artificiais com número atômico superior a 92 (urânio). Até o presente momento, já foi comunicada a obtenção artificial de vinte e seis elementos transurânicos.

Os primeiros elementos transurânicos preparados pelo homem foram o netúnio e o plutônio, obtidos pelo bombardeamento de  $^{238}_{92}\text{U}$  por nêutrons lentos.



### Natureza das emissões

Existem três tipos de emissões, as quais são denominadas  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . Estas podem ser separadas por um campo elétrico.



Natureza das emissões  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ .

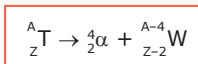
O campo elétrico produzido pelas placas desvia a trajetória das emissões. Observe que as partículas  $\alpha$  sofrem um desvio bem menor se comparado com o desvio sofrido pelas partículas  $\beta$ .

### Partículas $\alpha$

São partículas constituídas de 2 prótons e 2 nêutrons (conjunto igual ao núcleo do átomo de hélio), emitidas pelo núcleo radioativo.



**Lei de Soddy:** Quando um elemento radioativo emite uma partícula  $\alpha$ , ele origina um novo elemento com número atômico 2 unidades menor e número de massa 4 unidades menor.

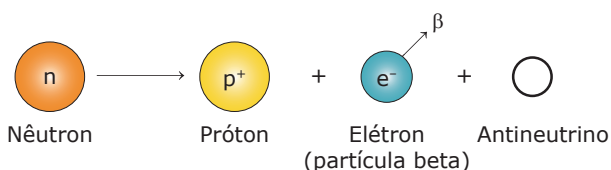


Observe que houve mudança do número atômico do átomo, logo, haverá mudança de elemento químico, denominada reação de transmutação.

### Partículas $\beta$

Cada partícula  $\beta$  é um elétron emitido em alta velocidade pelo núcleo radioativo.

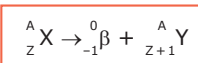
Admite-se que a partícula  $\beta$  (elétron) deve ser formada pela desintegração de um nêutron.



Esse elétron é imediatamente expulso pelo núcleo e recebe a denominação de partícula  $\beta$ .

O neutrino é uma partícula de carga nula e massa desprezível, já que possui uma massa 20 vezes menor do que a massa do elétron.

**Lei de Soddy-Fajans-Russel:** Quando um elemento radioativo emite uma partícula  $\beta$ , seu número atômico aumenta uma unidade, e o seu número de massa não se altera.



## Radiações $\gamma$

São radiações eletromagnéticas cujos comprimentos de onda variam de 0,5 a 0,005 Å.

As emissões de partículas  $\alpha$  e  $\beta$  são normalmente acompanhadas de emissão de radiação  $\gamma$ .

## Equações de desintegração

Nas equações de desintegração, tem-se:

**A)** Partículas alfa com índices  $\Rightarrow {}^4_2\alpha$

**B)** Partículas beta com índices  $\Rightarrow {}^0_{-1}\beta$

**C)** A soma dos índices superiores ou inferiores do 1º membro é igual à do 2º membro.

**Exemplos:**



## Radiações ionizantes

As partículas alfa e beta e a radiação gama emitidas por núcleos de átomos radioativos são denominadas, respectivamente, radiações corpusculares e eletromagnéticas. Essas radiações são ionizantes, ou seja, interagem com as espécies (átomos ou moléculas) que encontram em sua trajetória transformando-as em íons. Quando essas radiações retiram elétrons das espécies que encontram na sua trajetória elas geram cátions e quando as partículas beta são capturadas por essas espécies são gerados ânions.

O poder de ionização relativo das radiações nucleares é:

Partícula alfa > partícula beta > radiação gama

As partículas alfa apresentam maior poder de ionização dentre as radiações nucleares, pois elas correspondem a cátions bivalentes de hélio e ao colidirem contra espécies eletricamente neutras exercem uma interação atrativa muito intensa pelos elétrons destas.

As partículas beta correspondem a elétrons emitidos por núcleos radioativos, apresentando uma carga elétrica duas vezes menor e uma massa, aproximadamente, 8 000 vezes menor do que as partículas alfa. Dessa forma essas partículas exercerão repulsão de baixa intensidade em relação aos elétrons das espécies eletricamente neutras que colidem e possuem baixa energia cinética no ato da colisão, o que dificulta a formação de cátions. Como a energia cinética dessas partículas é, relativamente, baixa ao se aproximarem das nuvens eletrônicas das partículas que encontram em sua trajetória, geralmente são desaceleradas e não conseguem fazer parte da nuvem eletrônica, gerando ânions.

As radiações gama são ondas eletromagnéticas que podem ser absorvidas por elétrons dos átomos que se encontram em sua trajetória. Quando isso ocorre os elétrons são promovidos a níveis energéticos mais externos, podendo sair do domínio atrativo do núcleo e, conseqüentemente, gerando ânions.

### Características das radiações ionizantes

Propriedades	Alfa ${}^4_2\alpha$	Beta ${}^0_{-1}\beta$	Gama ${}^0_0\gamma$
Velocidade	A velocidade média é de 5 a 10% da velocidade da luz.	A velocidade média é de 90% da velocidade da luz.	A velocidade média é igual à velocidade da luz, ou seja, 300 000 km.s <sup>-1</sup> .
Poder de penetração	Pequeno. Não atravessam uma camada de ar de 7 cm, uma folha de papel ou uma chapa de alumínio com 0,06 mm de espessura.	Possuem um poder de penetração de 50 a 100 vezes maior que as partículas alfa. São detidas por uma chapa de chumbo de 2 mm.	Altíssimo. São mais penetrantes que os raios X, por possuírem pequenos comprimentos de onda. Não conseguem atravessar uma chapa de chumbo com 5 cm de espessura ou uma placa de aço com 20 cm de espessura.
Efeitos fisiológicos	Pequenos. Na maioria das vezes, são detidas pelas camadas de células mortas da pele. Podem causar queimaduras.	Médios. Penetram até 2 cm no corpo humano.	Altos. Atravessam completamente o organismo, podendo provocar vários tipos de câncer e até mutações gênicas.

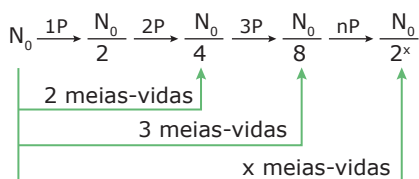
## Cinética das emissões radioativas

### Leis de desintegração radioativa

Não é possível prever com exatidão a duração de um núcleo radioativo, pois ele poderá permanecer sem se desintegrar durante segundos, dias ou até séculos. Contudo, existem cálculos estatísticos capazes de fornecer uma expectativa do tempo de vida de um núcleo radioativo.

### Período de semidesintegração ou meia-vida

É o tempo necessário para que a metade dos átomos presentes em uma amostra se desintegre.



Decorridas  $x$  meias-vidas, o número final de átomos ( $N$ ) em uma amostra radioativa será

$$N = \frac{N_0}{2^x}$$

em que

$N$  = n. final de átomos em uma amostra radioativa.

$N_0$  = n. inicial de átomos em uma amostra radioativa.

$x$  = n. de meias-vidas.

Nessa expressão,  $N$  e  $N_0$  podem também representar a massa final ( $m$ ) e a massa inicial ( $m_0$ ) de uma amostra radioativa.

Assim,

$$m = \frac{m_0}{2^x}$$

O tempo ( $t$ ) correspondente a  $x$  meias-vidas é dado por

$$t = x \cdot P$$

em que

$P$  = tempo correspondente a uma meia-vida.

#### OBSERVAÇÕES

1. A temperatura não interfere na velocidade dos processos radioativos, ou seja, não altera os fenômenos nucleares.
2. A meia-vida, ou período de semidesintegração de um elemento, não depende do número de átomos ou da massa inicial da amostra.
3. A atividade radioativa de uma amostra diminui no decorrer do tempo porque o número de desintegrações diminui.

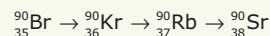
## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM

- 01.** (FGV-SP-2015) O uso do radioisótopo rutênio-106 ( $^{106}\text{Ru}$ ) vem sendo estudado por médicos da Universidade Federal de São Paulo, no tratamento de câncer oftalmológico. Esse radioisótopo emite radiação que inibe o crescimento das células tumorais. O produto de decaimento radiativo do rutênio-106 é o ródio-106 ( $^{106}\text{Rh}$ ). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rb/v40n2/08.pdf>> (Adaptação).

A partícula emitida no decaimento do rutênio-106 é

- A) Beta menos,  $\beta^-$ .                      D) Gama,  $\gamma$ .  
B) Beta mais,  $\beta^+$ .                        E) Próton,  $p$ .  
C) Alfa,  $\alpha$ .

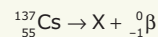
- 02.** (Unesp) O isótopo radioativo Sr-90 não existe na natureza, sua formação ocorre principalmente em virtude da desintegração do Br-90 resultante do processo de fissão do urânio e do plutônio em reatores nucleares ou em explosões de bombas atômicas. Observe a série radioativa, a partir do Br-90, até a formação do Sr-90:



A análise dos dados exibidos nessa série permite concluir que, nesse processo de desintegração, são emitidas

- A) partículas alfa.  
B) partículas alfa e partículas beta.  
C) apenas radiações gama.  
D) partículas alfa e nêutrons.  
E) partículas beta.

- 03.** (PUC-Campinas-SP-2016) O isótopo do elemento célio de número de massa 137 sofre decaimento segundo a equação:



O número atômico do isótopo que X representa é igual a:

- A) 54                                              C) 57                                              E) 138  
B) 56                                              D) 136

- 04.** (CMMG) A compreensão das propriedades da interação das radiações com a matéria é importante para: operar os equipamentos de detecção, conhecer e controlar os riscos biológicos sujeitos à radiação, além de possibilitar a interpretação correta dos resultados dos radioensaios.
- I. As partículas gama possuem alto poder de penetração, podendo causar danos irreparáveis ao ser humano.  
II. As partículas alfa são leves, com carga elétrica negativa e massa desprezível.

- III. As partículas gama são radiações eletromagnéticas semelhantes aos raios X, não possuem carga elétrica nem massa.
- IV. As partículas alfa são partículas pesadas de carga elétrica positiva que, ao incidirem sobre o corpo humano, geralmente causam queimaduras de 3º grau.
- V. As partículas beta são mais penetrantes e menos energéticas que as partículas alfa.

Das afirmações feitas em relação às partículas radioativas, estão corretas

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

- 05.** (ACAFE-SC) Logo após o *tsunami* ocorrido em março de 2011 no Japão, houve vazamento de radiação em um reator nuclear localizado no complexo nuclear de Fukushima, ao norte de Tóquio. O porta-voz da agência nuclear do governo japonês informou que havia prioridade em conter problemas nos reservatórios dos reatores 3 e 4, já que o reator 3 utilizava uma mistura combustível de plutônio e urânio.

Disponível em: <<http://br.noticias.yahoo.com/s/reuters>>.  
 Acesso em: 14 mar. 2011 (Adaptação).

Sobre o tópico radioatividade e considerando o enunciado, analise as afirmações a seguir:

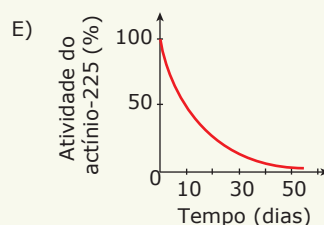
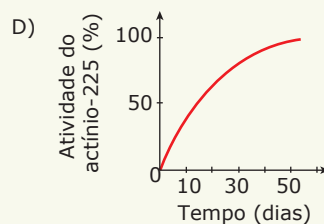
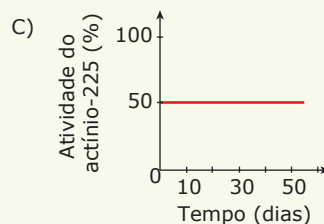
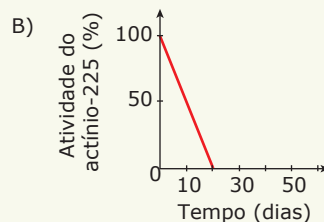
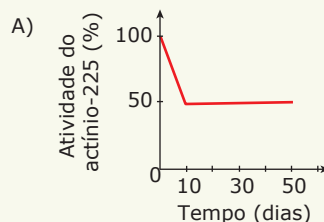
- I. Partículas beta possuem carga elétrica positiva.  
 II. Os elementos químicos plutônio e urânio estão situados no sétimo período da Tabela Periódica.  
 III. A radioatividade envolve liberação de radiação de alta frequência, emitida por núcleos atômicos.  
 IV. Radiações gama possuem baixo poder de penetração nos materiais.  
 V. Partículas alfa apresentam alto poder de ionização.

Todas as afirmações corretas estão em:

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

- 06.** (Fatec-SP) O actínio-225 é obtido artificialmente e tem tempo de meia-vida igual a 10 dias. Isso significa que, a cada 10 dias, a quantidade dessa espécie radioativa em uma amostra cai à metade. Sendo assim, nanobombas contendo uma quantidade  $x$  de actínio-225, após 10 dias, passam a conter uma quantidade  $x/2$ , após mais 10 dias, passa a conter  $x/4$  e assim por diante.

Entre os gráficos representados a seguir, o que mostra a variação da atividade radioativa do actínio-225 em função do tempo, está na alternativa



- 07.** (UEPA) Uma explosão na usina nuclear de Fukushima no Japão, devido a um *tsunami*, evidenciou o fenômeno da radiação que alguns elementos químicos possuem e à qual, acidentalmente, podemos ser expostos. Especialistas informaram que césio-137 foi lançado na atmosfera.

Sabendo-se que o césio-137 tem tempo de meia vida de 30 anos, depois de 90 anos, em uma amostra de 1,2 g de césio-137 na atmosfera, restam

- A) 0,10 g.                      C) 0,25 g.                      E) 0,35 g.  
 B) 0,15 g.                      D) 0,30 g.



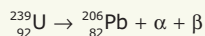
**08.** (Mackenzie-SP-2015) Um arqueólogo encontrou uma amostra de carvão mineral, resultado do soterramento de árvores gigantescas. Um dos métodos de datação de fósseis é a utilização do ensaio de carbono-14, que possui um tempo de meia-vida de 5 730 anos. Ao realizar o ensaio de datação, o arqueólogo determinou que a amostra continha aproximadamente 0,012% de carbono-14. A idade aproximada deste fóssil será de

- A) 80 200 anos.
- B) 57 300 anos.
- C) 74 500 anos.
- D) 51 600 anos
- E) 63 000 anos.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (Mackenzie-SP-2016) O urânio-238, após uma série de emissões nucleares de partículas alfa e beta, transforma-se no elemento químico chumbo-206 que não mais se desintegra, pelo fato de possuir um núcleo estável. Dessa forma, é fornecida a equação global que representa o decaimento radioativo ocorrido.

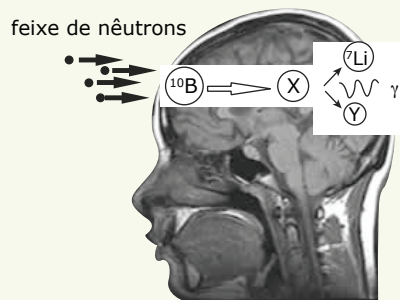


Assim, analisando a equação anterior, é correto afirmar-se que foram emitidas

- A) 8 partículas  $\alpha$  e 6 partículas  $\beta$ .
- B) 7 partículas  $\alpha$  e 7 partículas  $\beta$ .
- C) 6 partículas  $\alpha$  e 8 partículas  $\beta$ .
- D) 5 partículas  $\alpha$  e 9 partículas  $\beta$ .
- E) 4 partículas  $\alpha$  e 10 partículas  $\beta$ .

**02.** (FGV-SP-2016) A Medicina tem desenvolvido diversos tratamentos para pacientes com câncer de cérebro. Em um deles, o paciente ingere o composto borofenilalanina. Essa molécula que contém o isótopo boro-10 tem afinidade pelas células cerebrais. Após a ingestão, o paciente é submetido a um feixe de nêutrons. Cada isótopo de boro-10 captura um nêutron e forma um isótopo instável que se fissiona em duas espécies menores e emite ainda radiação gama. Dessa maneira, a célula tumoral é atingida pela energia das emissões do processo de fissão e é destruída.

Disponível em: <[www.nipe.unicamp.br/enumas/admin/resources/uploads/robertovicente\\_hasolucao.pdf](http://www.nipe.unicamp.br/enumas/admin/resources/uploads/robertovicente_hasolucao.pdf)> (Adaptação).



Disponível em: <<http://www.lbcc.edu/AlliedHealth/mri/>> (Adaptação).

O isótopo instável, representado por X, e a espécie emitida na fissão, representada por Y, são, respectivamente,

- A) boro-11 e  ${}^4\text{He}$ .
- B) boro-11 e  ${}^2\text{H}$ .
- C) boro-9 e  ${}^2\text{He}$ .
- D) berílio-9 e  ${}^4\text{He}$ .
- E) berílio-9 e  ${}^2\text{H}$ .

**03.** (EBMSP-2017) Movimentos como “Outubro Rosa” estimulam a associação entre empresas e profissionais de saúde com o objetivo de alertar a população sobre a prevenção e o tratamento do câncer de mama, causa mais frequente de morte por câncer em mulheres. Um dos tratamentos do câncer utiliza radioisótopos que emitem radiações de alta energia, como a gama,  ${}^0_0\gamma$ , eficientes na destruição de células cancerosas que são mais susceptíveis à radiação, por se reproduzirem rapidamente. Entretanto é impossível evitar danos às células saudáveis durante a terapia, o que ocasiona efeitos colaterais como fadiga, náusea, perda de cabelos, entre outros. A fonte de radiação é projetada para o uso das radiações gama, já que as radiações alfa,  ${}^4_2\alpha$ , e beta,  ${}^0_{-1}\beta$ , são menos penetrantes nos tecidos e nas células. Um dos radionúcleos usados na radioterapia é o cobalto,  ${}^{60}_{27}\text{Co}$ . Com base nas informações e nos conhecimentos sobre radioatividade,

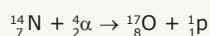
- A) apresente um argumento que justifique o maior poder penetrante das radiações gama em relação às radiações alfa e beta.
- B) represente, por meio de uma equação nuclear, o decaimento radioativo do cobalto 60 com a emissão de uma partícula beta, indicando o símbolo, o número atômico e o número de massa do elemento químico obtido após emissão da partícula.

**04.** (Mackenzie-SP) A irradiação é uma técnica eficiente na conservação e esterilização dos alimentos, pois reduz as perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento e maturação), além de eliminar ou reduzir micro-organismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento. Assim, cebolas, batatas e morangos são submetidos à irradiação, utilizando-se como fonte isótopos radioativos, emissores de radiação gama do elemento químico cobalto-60, que destroem bactérias e fungos responsáveis pela deterioração desses alimentos.

O cobalto ( ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ) pode também sofrer transmutação para manganês ( ${}^{56}_{25}\text{Mn}$ ), que por sua vez se transforma em átomos de ferro ( ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ ). Assinale a alternativa que contenha, respectivamente, a sequência de partículas emitidas durante essa transmutação.

- A)  $\gamma$  e  $\beta$ . B)  $\alpha$  e  $\beta$ . C)  $\beta$  e  $\alpha$ . D)  $\gamma$  e  $\alpha$ . E)  $\alpha$  e  $\gamma$ .

05. (UFLA-MG) Reação nuclear é um termo que abrange todas as transformações nucleares, da emissão natural de partículas  $\alpha$  ou  $\beta$  ou até os processos de fissão e fusão. Se um núcleo se transforma em outro núcleo, como na reação



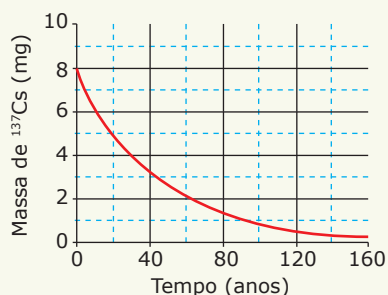
pode-se dizer que houve uma transmutação. Assinale a alternativa que apresenta os elementos corretamente nas reações I, II e III, respectivamente.

I	${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow$
II	${}^{209}_{83}\text{Bi} + {}^4_2\alpha \rightarrow$
III	${}^{231}_{91}\text{Pa} + {}^0_{-1}\beta \rightarrow$

- A) I:  ${}^{15}_7\text{N}$ ; II:  ${}^{212}_{84}\text{Po} + {}^1_1\text{p}$ ; III:  ${}^{231}_{90}\text{Pa}$ .  
 B) I:  ${}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{p}$ ; II:  ${}^{205}_{81}\text{Ti}$ ; III:  ${}^{231}_{90}\text{Th}$ .  
 C) I:  ${}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{p}$ ; II:  ${}^{213}_{85}\text{At}$ ; III:  ${}^{231}_{90}\text{Th}$ .  
 D) I:  ${}^{15}_7\text{N}$ ; II:  ${}^{213}_{85}\text{At}$ ; III:  ${}^{231}_{90}\text{Pa}$ .

06. (PUC-SP) O céσιο-137 é um isótopo radioativo bastante conhecido no Brasil devido à contaminação que ocorreu em 1987 em Goiânia. Este ano, esse radioisótopo voltou às manchetes de jornal após os vazamentos radioativos que ocorreram na usina de Fukushima, consequência do *tsunami* que atingiu o Japão.

O céσιο-137 é um emissor beta ( $\beta$ ) e seu decaimento radioativo é representado pela curva a seguir:



A análise do texto e do gráfico permite concluir que o isótopo gerado pelo decaimento do céσιο-137 e a meia-vida desse processo são, respectivamente,

- A)  ${}^{137}\text{Xe}$  e 55 anos. D)  ${}^{137}\text{Ba}$  e 30 anos.  
 B)  ${}^{133}\text{Cs}$  e 30 anos. E)  ${}^{137}\text{Ba}$  e 120 anos.  
 C)  ${}^{133}\text{I}$  e 55 anos.

07. (UERJ) Uma das consequências do acidente nuclear ocorrido no Japão em março de 2011 foi o vazamento de isótopos radioativos que podem aumentar a incidência de certos tumores glandulares. Para minimizar essa probabilidade, foram prescritas pastilhas de iodeto de potássio à população mais atingida pela radiação.

A meia-vida é o parâmetro que indica o tempo necessário para que a massa de uma certa quantidade de radioisótopos se reduza à metade de seu valor.

Considere uma amostra de  ${}_{53}\text{I}^{133}$ , produzido no acidente nuclear, com massa igual a 2 g e meia-vida de 20 h.

Após 100 horas, a massa dessa amostra, em miligramas, será cerca de:

- A) 62,5 C) 250  
 B) 125 D) 500

08. (UFPA) Uma das consequências do *tsunami* ocorrido no Japão foi a contaminação radioativa, como mostra o trecho retirado de uma notícia da época.

Na segunda-feira foram detectados índices de iodo-131 e de céσιο-134, 126,7 e 24,8 vezes mais elevados, respectivamente, que os fixados pelo governo, em análises das águas do mar próximas de Fukushima, 250 km ao norte da megalópole de Tóquio e de seus 35 milhões de habitantes.

Disponível em: <[http://noticias.terra.com.br/mundo/asia/terremotonojapao/noticias de 22/03/2011](http://noticias.terra.com.br/mundo/asia/terremotonojapao/noticias%20de%2022/03/2011)>.

Se uma amostra dessa água fosse coletada e isolada para acompanhar a atividade radioativa, seria correto afirmar que

**Dados:** Tempo de meia-vida ( $t_{1/2}$ ):

Césio-137 = 30 anos;

Iodo-131 = 8 dias.

- A) seriam necessários 744 anos para que a atividade devida ao céσιο-137 retornasse ao nível normal.  
 B) seria necessário, para ambos os isótopos, entre seis e sete períodos de meia vida para que os índices de um e outro ficassem próximos de 1% do valor inicial.  
 C) seriam necessários aproximadamente 3 anos para que a atividade devida ao iodo-131 retornasse ao nível normal.  
 D) o aquecimento da amostra aceleraria o decaimento radioativo de ambos os isótopos e assim haveria uma descontaminação mais rápida.  
 E) somente a contaminação por céσιο seria grave, devido ao seu maior tempo de meia-vida.

09. (Uncisal-2015) Um dos maiores acidentes com o isótopo  ${}^{137}\text{Cs}$  aconteceu em setembro de 1987, na cidade de Goiânia, Goiás, quando um aparelho de radioterapia desativado foi desmontado em um ferro-velho.

O desastre fez centenas de vítimas, todas contaminadas através de radiações emitidas por uma cápsula que continha  $^{137}\text{Cs}$ , sendo o maior acidente radioativo do Brasil e o maior ocorrido fora das usinas nucleares. O lixo radioativo encontra-se confinado em contêineres (revestidos com concreto e aço) em um depósito que foi construído para este fim. Se no lixo radioativo encontram-se 20 g de  $^{137}\text{Cs}$  e o seu tempo de meia-vida é 30 anos, depois de quantos anos teremos aproximadamente 0,15 g de  $^{137}\text{Cs}$ ?

- A) 90                      C) 150                      E) 210  
B) 120                      D) 180

10.  
U94S

(EsPCEX-SP-2017) "À medida que ocorre a emissão de partículas do núcleo de um elemento radioativo, ele está se desintegrando. A velocidade de desintegrações por unidade de tempo é denominada velocidade de desintegração radioativa, que é proporcional ao número de núcleos radioativos. O tempo decorrido para que o número de núcleos radioativos se reduza à metade é denominado meia-vida."

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. *Química*. 12. ed. Reform - São Paulo: Editora Saraiva, 2009. (v. 2: Físico-Química).

Utilizado em exames de tomografia, o radioisótopo flúor-18 ( $^{18}\text{F}$ ) possui meia-vida de uma hora e trinta minutos (1 h 30 min). Considerando-se uma massa inicial de 20 g desse radioisótopo, o tempo decorrido para que essa massa de radioisótopo flúor-18 fique reduzida a 1,25 g é de

**Dados:**  $\log 16 = 1,20$ ;  $\log 2 = 0,30$

- A) 21 horas.              C) 9 horas.              E) 1 hora.  
B) 16 horas.              D) 6 horas.

11. (FUVEST-SP-2018) O ano de 2017 marca o trigésimo aniversário de um grave acidente de contaminação radioativa, ocorrido em Goiânia em 1987. Na ocasião, uma fonte radioativa, utilizada em um equipamento de radioterapia, foi retirada do prédio abandonado de um hospital e, posteriormente, aberta no ferro-velho para onde fora levada. O brilho azulado do pó de céσιο-137 fascinou o dono do ferro-velho, que compartilhou porções do material altamente radioativo com sua família e amigos, o que teve consequências trágicas. O tempo necessário para que metade da quantidade de céσιο-137 existente em uma fonte se transforme no elemento não radioativo bário-137 é trinta anos. Em relação a 1987, a fração de céσιο-137, em %, que existirá na fonte radioativa 120 anos após o acidente, será, aproximadamente,

- A) 3,1                      C) 12,5                      E) 50,0  
B) 6,3                      D) 25,0

## SEÇÃO ENEM



01.  
ADDY

(Enem-2017) A técnica do carbono-14 permite a datação de fósseis pela medição dos valores de emissão beta desse isótopo presente no fóssil. Para um ser em vida, o máximo são 15 emissões beta/(min.g). Após a morte, a quantidade de  $^{14}\text{C}$  se reduz pela metade a cada 5 730 anos.

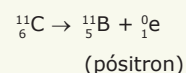
A PROVA do carbono 14. Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br>>. Acesso em: 09 nov. 2013 (Adaptação).

Considere que um fragmento de fóssil de massa igual a 30 g foi encontrado em um sítio arqueológico, e a medição de radiação apresentou 6 750 emissões beta por hora. A idade desse fóssil, em anos é:

- A) 450  
B) 1 433  
C) 11 460  
D) 17 190  
E) 27 000

02.

(Enem) Glicose marcada com núclídeos de carbono-11 é utilizada na medicina para se obter imagens tridimensionais do cérebro por meio de tomografia de emissão de pósitrons. A desintegração do carbono-11 gera um pósitron, com tempo de meia-vida de 20,4 min., de acordo com a equação da reação nuclear:



A partir da injeção de glicose marcada com esse núclídeo, o tempo de aquisição de uma imagem de tomografia é cinco meias-vidas.

Considerando que o medicamento contém 1,00 g do carbono-11, a massa, em miligramas, do núclídeo restante, após a aquisição da imagem, é mais próxima de

- A) 0,200  
B) 0,969  
C) 9,80  
D) 31,3  
E) 200

03.

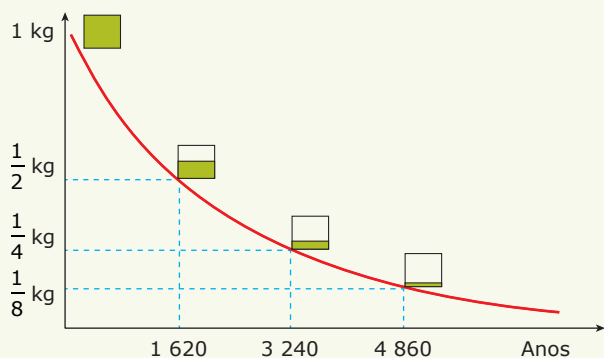
(Enem) A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir: "Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação".

FÍSICA NA ESCOLA, v. 8, n. 2, 2007 (Adaptação).

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois

- A) o material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
- B) a utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
- C) a contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por micro-organismos.
- D) o material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.
- E) o intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

- 04.** (Enem) O lixo radioativo ou nuclear é resultado da manipulação de materiais radioativos, utilizados hoje na agricultura, na indústria, na medicina, em pesquisas científicas, na produção de energia, etc. Embora a radioatividade se reduza com o tempo, o processo de decaimento radioativo de alguns materiais pode levar milhões de anos. Por isso, existe a necessidade de se fazer um descarte adequado e controlado de resíduos dessa natureza. A taxa de decaimento radioativo é medida em termos de um tempo característico, chamado meia-vida, que é o tempo necessário para que uma amostra perca metade de sua radioatividade original. O gráfico seguinte representa a taxa de decaimento radioativo do rádio-226, elemento químico pertencente à família dos metais alcalinoterrosos e que foi utilizado durante muito tempo na medicina.



As informações fornecidas mostram que

- A) quanto maior é a meia-vida de uma substância, mais rápido ela se desintegra.
- B) apenas 1/8 de uma amostra de rádio-226 terá decaído ao fim de 4 860 anos.
- C) metade da quantidade original de rádio-226, ao fim de 3 240 anos, ainda estará por decair.
- D) restará menos de 1% de rádio-226 em qualquer amostra dessa substância após decorridas 3 meias-vidas.
- E) a amostra de rádio-226 diminui a sua quantidade pela metade a cada intervalo de 1 620 anos devido à desintegração radioativa.

## GABARITO

Meu aproveitamento

### Aprendizagem

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

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

### Propostos

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

- 01. A
- 02. A
- 03.
- A) Os raios gama conseguem atravessar os materiais com maior facilidade e velocidade, por não possuírem massa nem carga elétrica.
- B)  ${}^{60}\text{Co}_{27} \rightarrow {}^{60}\text{Ni}_{28} + {}^0_{-1}\beta$
- 04. B
- 05. C
- 06. D
- 07. A
- 08. B
- 09. E
- 10. D
- 11. B

### Seção Enem

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

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

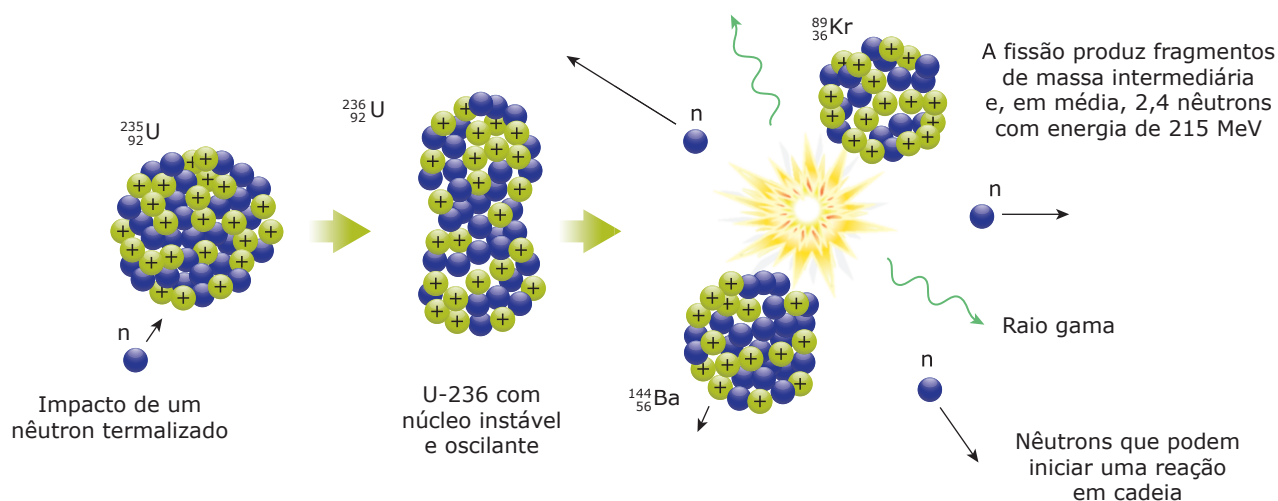
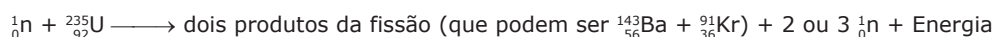


Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Reações Nucleares II

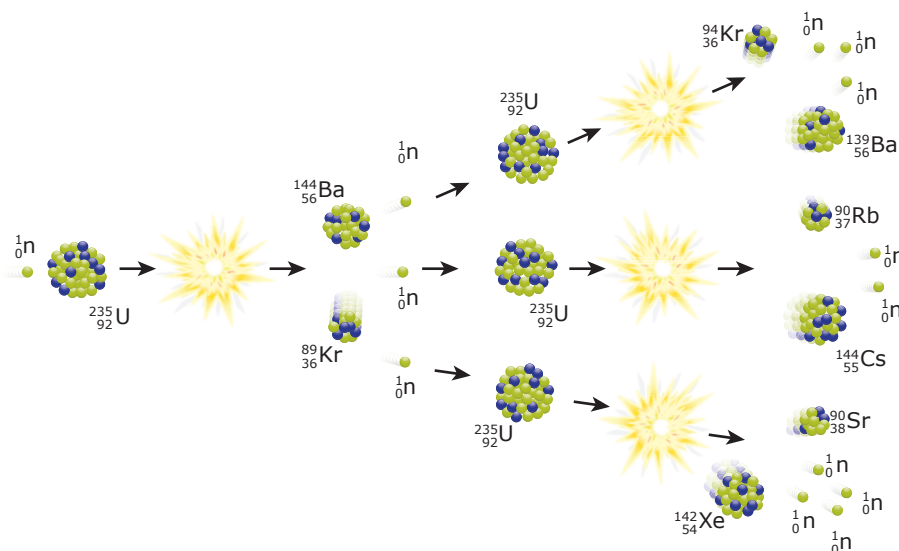
### FISSÃO NUCLEAR

O processo de fissão nuclear consiste na fragmentação de um núcleo atômico a partir de sua colisão com uma partícula, formando dois núcleos menores. A fissão do urânio-235 é um exemplo de reação nuclear que pode ser utilizada para a geração de energia elétrica. Essa reação pode ser genericamente representada pela seguinte equação:



Reação de fissão do urânio-235 promovida por nêutrons termalizados (com energia cinética devido apenas à energia térmica).

Nessa reação, o combustível nuclear são os núcleos de átomos de urânio-235 radioativos que são bombardeados com nêutrons e se partem originando dois outros núcleos menores, dois ou três outros nêutrons e muita energia térmica. Os novos nêutrons gerados fissionarão novos núcleos e o processo se desenvolverá novamente, o que denominamos reação em cadeia.



Reação de fissão em cadeia do urânio-235. Nesse processo, os produtos formados são variados.

Em uma central eletronuclear, conhecida como usina nuclear, a energia elétrica é obtida a partir de reações de fissão nuclear em cadeia. Nessas usinas, a fissão dos núcleos dos átomos combustíveis libera energia térmica que aquece uma amostra de água, transformando-a em vapor. O vapor produzido, sob alta pressão, movimenta as pás de um conjunto de turbinas, o qual transforma energia térmica em energia mecânica. O movimento das turbinas está acoplado ao movimento do eixo de um gerador elétrico, que é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica.

O urânio é a principal matéria-prima utilizada na fabricação de combustíveis nucleares. Ele é encontrado na natureza, principalmente, na forma de óxidos ( $UO_{2(s)}$ ,  $UO_{3(s)}$  e  $U_3O_{8(s)}$ ).

A composição isotópica natural dos minérios de urânio é 0,7% de U-235 e 99,3% de U-238. Todavia, apenas o radioisótopo U-235 é físsil. Portanto, nem todo urânio poderá ser utilizado em um reator nuclear para gerar energia elétrica. Então, para a produção de combustível nuclear, faz-se necessário um processo de enriquecimento de urânio, no qual será aumentada a porcentagem de U-235.

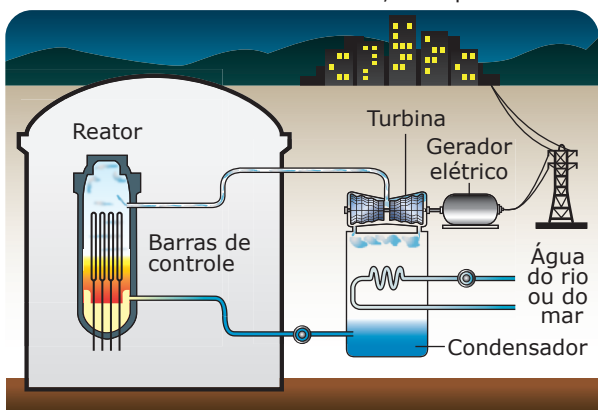
O enriquecimento do urânio consiste em um processo que aumenta o teor de U-235 em uma mistura de radioisótopos naturais de urânio em até 98%. Esse processo pode ser realizado de duas formas: utilizando ultracentrífugas ou células de efusão gasosa.

## Reatores de fissão nuclear induzida

Existem basicamente dois tipos de reatores nucleares: BWR e PWR.

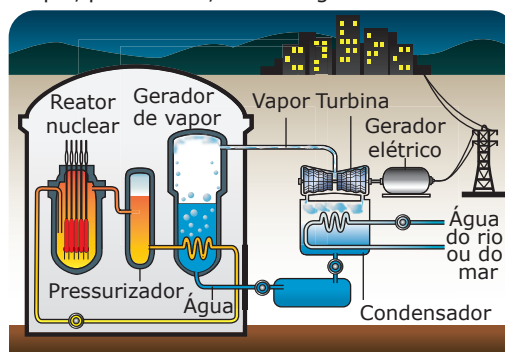
Nos reatores BWR, reatores de água fervente, o vapor-d'água que moverá as turbinas do gerador de energia elétrica é produzido pelo contato do elemento combustível com a própria água na qual ele está mergulhado. Nesse tipo de reator, existe um circuito único de resfriamento.

Uma pane ou corte no fornecimento de energia interrompe imediatamente o seu resfriamento, levando ao aumento contínuo da temperatura da água e do combustível e da quantidade de vapor-d'água produzido. Consequentemente, ocorre o aumento da pressão, podendo até fundir o combustível e originar uma explosão, como aconteceu em 2011 na usina de Fukushima Daiichi, no Japão.



Esquema de funcionamento de uma usina nuclear com um reator de água fervente BWR.

Os reatores PWR, reatores de água pressurizada, possuem um sistema de refrigeração dividido em dois circuitos independentes, denominados primário e secundário. No circuito primário, a água líquida, por contato direto, resfria as varetas do elemento combustível onde ocorrem as fissões dos átomos de urânio ou plutônio, cuja temperatura é cerca de 320 °C. Para que a água não entre em ebulição, o que ocorreria normalmente aos 100 °C, ela é pressurizada a 150 atm. O circuito secundário é o responsável por gerar o vapor que moverá as turbinas do gerador de energia elétrica. O gerador de vapor realiza uma troca de energia térmica entre a água do primeiro circuito (alta temperatura) e a do circuito secundário (temperatura ambiente) sem que haja contato direto entre as "duas águas". Com essa troca de energia térmica, a água do circuito secundário se transforma em vapor e movimenta a turbina que, por sua vez, aciona o gerador elétrico.



Esquema de funcionamento de uma usina nuclear com um reator de água pressurizada PWR.

Em casos de uma pane no circuito primário, os demais circuitos podem continuar a funcionar, o que aumenta o tempo destinado ao seu reparo. A existência desses dois circuitos impede o contato da água que passa pelo reator com as demais águas de arrefecimento.

Em ambos os reatores, o vapor-d'água, após movimentar as turbinas do gerador, é resfriado (condensado) por contato indireto com um circuito independente que utiliza água na temperatura ambiente de um grande reservatório, geralmente um rio ou mar.

### CONTEÚDO NO Bernoulli Play

#### Reator nuclear

Acesse a animação interativa "Reator nuclear" e você poderá ver como são as instalações de uma usina nuclear e a função de cada componente. Atente para os processos de transformações de energia até se obter a energia elétrica. Boa atividade!

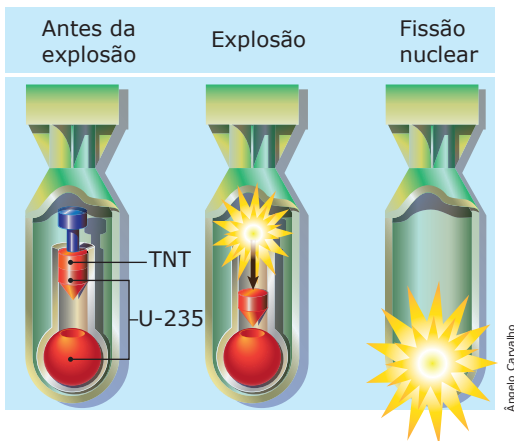


## Bombas atômicas (Bomba A)

As primeiras armas nucleares de fissão foram construídas pelos Estados Unidos e utilizadas em guerra, pela primeira e única vez, em agosto de 1945, ao serem lançadas sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, encerrando a Segunda Guerra Mundial. Esse tipo de artefato bélico utiliza como combustível físsil o urânio (U-235) ou o plutônio (Pu-239).

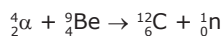
Inicialmente, esses elementos, na forma metálica ou de óxidos, ficam armazenados separadamente como massas subcríticas isoladas. Quando a bomba é acionada, essas massas são agrupadas, dando origem a uma massa supercrítica, que corresponde à quantidade, em massa, de material necessária para iniciar uma fissão em cadeia. A reação em cadeia consiste em um processo no qual ocorre um crescimento exponencial da quantidade de núcleos fissionados e da energia térmica produzida, gerando superaquecimento. As massas subcríticas podem ser agrupadas por um dos dois métodos a seguir:

- **Explosão:** um pedaço de urânio físsil subcrítico é disparado contra um alvo de urânio físsil, também subcrítico, a partir da explosão gerada por explosivos químicos (TNT, por exemplo). Ao se juntarem, essas massas formam uma massa supercrítica.



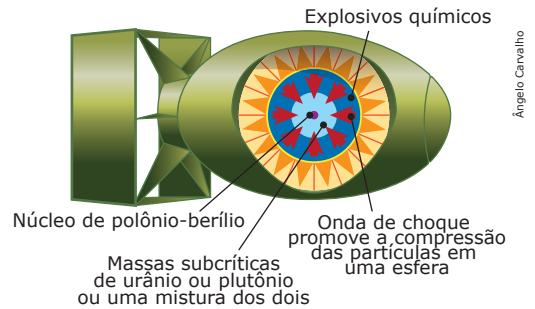
Esquema de funcionamento de uma bomba atômica por explosão.

Para que a fissão se inicie, é necessário que nêutrons sejam gerados no interior da massa crítica. O sistema gerador de nêutrons corresponde a uma pequena esfera formada por duas partes, uma de polônio e outra de berílio, separadas por uma lâmina. Quando há o agrupamento das massas subcríticas, a lâmina é rompida e as partículas alfa emitidas pelo polônio começam a colidir com o berílio-9, produzindo carbono-12 e liberando nêutrons de acordo com a seguinte equação:



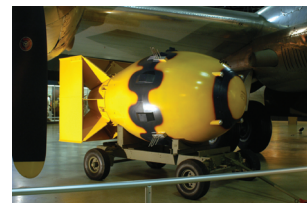
Bomba atômica Little Boy, cujo dispositivo de detonação é do tipo explosão, foi lançada sobre a cidade de Hiroshima pelo bombardeiro B-29 Enola Gay. Ela possuía comprimento de 3,2 m, diâmetro de 73 cm, massa de 4 400 kg e potência de 14,5 ktons (energia equivalente à energia liberada pela detonação de 14,5 mil toneladas de TNT).

- **Implosão:** nesse método, as massas subcríticas de U-235, Pu-239, ou uma combinação dos dois, rodeia uma esfera de polônio-berílio e estas, por sua vez, são rodeadas por explosivos químicos que, ao serem detonados, criam uma onda de choque, comprimindo-as e formando uma massa supercrítica.



Esquema de funcionamento de uma bomba atômica por implosão.

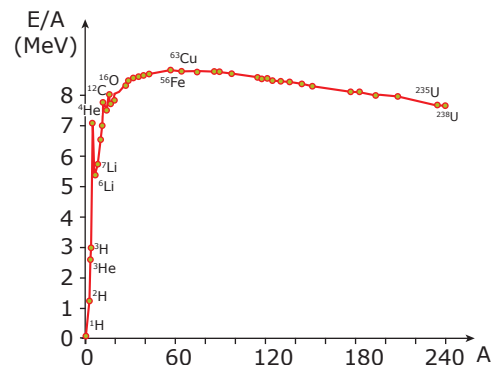
Um grande desafio em todos os modelos de arma nuclear é garantir que uma fração significativa do combustível seja consumida antes que a arma seja destruída. A bomba *Fat Man*, detonada em Nagasaki, usou 6,2 kg (cerca de 350 mL de volume) de Pu-239. Estima-se que apenas 20% do plutônio tenha sofrido fissão; o resto, cerca de 5 kg, foi espalhado, provocando a contaminação da população sobrevivente com radiação.



Bomba atômica *Fat Man*, cujo dispositivo de detonação é do tipo implosão, foi lançada sobre a cidade de Nagasaki. Essa bomba possuía comprimento de 3,5 m, diâmetro de 1,5 m, massa de 4 536 kg e potência de 23 ktons (energia equivalente à energia liberada pela detonação de 23 mil toneladas de TNT).

## FUSÃO NUCLEAR

O processo de fusão consiste na formação de um núcleo mais estável a partir da reunião de dois núcleos que apresentam baixos valores de massa atômica (MA). O aumento da estabilidade vem do fato de que o valor de massa atômica do núcleo formado se encontra mais próximo de 60, para o qual a energia de ligação por núcleon passa por um máximo.



As energias de ligação médias para os núcleos estáveis.

A análise do gráfico anterior revela que núcleos com número de núcleons em torno de 240, termodinamicamente, tendem a sofrer fissão, e os de número de núcleons inferiores a 30 tendem a sofrer fusão.

Ainda é possível verificar que as reações de fusão nuclear liberam maior quantidade de energia do que os processos de fissão. Sendo assim, o domínio tecnológico do processo de fusão levará a uma grande revolução nas matrizes energéticas utilizadas atualmente.

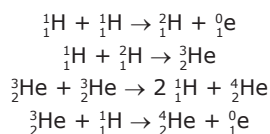
Como a energia de ativação do processo de fusão (energia necessária para vencer a repulsão entre os núcleos a serem fundidos) é muito elevada, esse processo em nosso planeta só ocorre de forma induzida, utilizando-se temperaturas próximas da temperatura do núcleo do Sol.

Para que ocorra a fusão são necessárias altas temperaturas ou alta pressão para que a repulsão entre as cargas positivas dos núcleos a serem fundidos seja vencida.

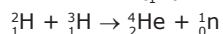
Em temperaturas elevadas, os núcleos apresentam uma alta energia cinética translacional e, quando se aproximam de outros núcleos, a repulsão os desacelera, mas não evita a colisão entre eles e a consequente fusão.

Altas pressões são necessárias porque os núcleos a serem fundidos devem estar a uma distância da ordem de  $1 \cdot 10^{-15}$  metros um do outro. Como a massa do Sol é muito maior do que a massa da Terra, a sua força gravitacional faz com que os núcleos a serem fundidos estejam, em média, mais próximos e, por isso, a temperatura necessária para ocorrência da fusão de núcleos de hidrogênio no núcleo do Sol é bem menor do que em nosso planeta. A fusão estimulada em nosso planeta requer temperaturas da ordem de 100 milhões de Kelvin, que correspondem, aproximadamente, a uma temperatura seis vezes maior do que a temperatura do núcleo do Sol.

Os estudos espectroscópicos indicam que o Sol é composto de 73% de hidrogênio, 26% de hélio e 1% de outros elementos em massa. Dentre os vários possíveis processos de fusão que podem ocorrer no núcleo do Sol, os principais são os seguintes:



Dentre esses processos, o que requer menor energia para ocorrer é a fusão entre deutério ( ${}_1^2\text{H}$ ) e trítio ( ${}_1^3\text{H}$ ):



Essa reação ocorre em uma temperatura de, aproximadamente, 40 000 000 K. É por esse motivo que se utiliza uma mistura desses dois isótopos do hidrogênio nos processos de fusão induzida em reatores.

Em 1989, os cientistas Martin Fleischmann, da Universidade de Southampton, na Inglaterra, e Stanley Pons, da Universidade de Utah, nos Estados Unidos, anunciaram ter conseguido realizar a fusão a baixas temperaturas, o que revolucionaria as formas de produção e consumo de energia. Entretanto, vários grupos de cientistas tentaram reproduzir o experimento sem sucesso, o que levou Fleischmann e Pons a serem vistos como farsantes por boa parte da comunidade científica.

## Bomba de hidrogênio (Bomba H)

As bombas de hidrogênio são dispositivos bélicos com capacidade destrutiva 200 vezes maior do que as bombas atômicas lançadas em Hiroshima e Nagasaki na Segunda Guerra Mundial. A primeira bomba de hidrogênio, ou simplesmente bomba H, foi detonada em 1º de novembro de 1952 no atol de Eniwetok (Ilhas Marshall). Esse foi o único episódio de testes desse tipo de artefato na história.

Nesse tipo de bomba, o detonador primário, ou espoleta, é uma bomba de fissão nuclear, que utiliza como combustível urânio ou plutônio. Ao ser detonada, a espoleta libera quantidade de energia suficiente para elevar a temperatura e permitir a fusão de núcleos de deutério e de trítio (gerados a partir dos nêutrons da fissão e lítio-6 confinado em seu interior).

## QUAIS SÃO AS VANTAGENS DA ENERGIA NUCLEAR?



As principais vantagens da energia nuclear são as seguintes:

- Não gera gases que agravam o efeito estufa.
- Não gera poluição atmosférica, pois não gera gases de enxofre, nitrogênio e particulados.
- Requer pequena área para sua instalação.
- Não depende da sazonalidade climática: chuvas, ventos e luminosidade.
- Sua fonte de energia gera maior relação energia / massa.
- A quantidade de resíduos radioativos gerados é extremamente pequena e compacta.
- A tecnologia do processo é bastante conhecida.

## QUAIS SÃO AS DESVANTAGENS DA ENERGIA NUCLEAR?



As principais desvantagens da energia nuclear são as seguintes:

- Necessidade de armazenar os resíduos nucleares em locais isolados e protegidos por um longo tempo.
- Necessidade de isolar a usina nuclear após o encerramento de suas atividades.
- Pequeno tempo de vida útil de uma usina nuclear, no máximo 50 anos.
- Alto custo de implantação de uma usina quando comparada às demais fontes de energia em razão da tecnologia e segurança empregadas.
- Produção de impactos ambientais devido ao aquecimento de ecossistemas aquáticos pela água de resfriamento dos reatores.
- Grande risco de acidente na usina nuclear.



## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (UFPE) A fissão nuclear é um processo pelo qual núcleos atômicos
- de elementos mais leves são convertidos a núcleos atômicos de elementos mais pesados.
  - emitem radiação beta e estabilizam.
  - de elementos mais pesados são convertidos a núcleos atômicos de elementos mais leves.
  - absorvem radiação gama e passam a emitir partícula alfa.
  - absorvem nêutrons e têm sua massa atômica aumentada em uma unidade.

- 02.** (UEPG-PR) Com relação aos processos de fusão e fissão nuclear, assinale o que for correto.

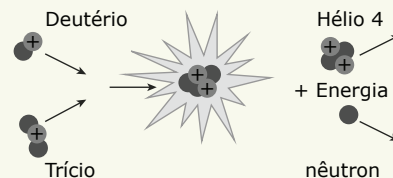
- Fusão nuclear consiste na junção de núcleos pequenos formando núcleos maiores e liberando uma grande quantidade de energia.
- Fissão nuclear é o processo de quebra de núcleos grandes em núcleos menores, liberando grande quantidade de energia.
- A fusão nuclear exige grande quantidade de energia para ocorrer.
- O processo de fissão nuclear é aproveitado pelo homem para a geração de energia elétrica a partir da energia nuclear em usinas term nucleares.
- O processo de fusão nuclear ocorre naturalmente no Sol, onde a temperatura é suficientemente alta para que ocorra a fusão dos átomos de hidrogênio formando átomos mais pesados.

Soma ( )

- 03.** (UFLA-MG) Fissão nuclear é a divisão de um núcleo atômico pesado e instável que ocorre, por exemplo, por bombardeamento desse núcleo com nêutrons, liberando energia. A alternativa que corretamente representa uma equação de fissão nuclear é:

- ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{55}^{144}\text{Cs} + {}_{37}^{90}\text{Rb} + 3{}_0^1\text{n}$
- ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{235}\text{Ba} + {}_{36}^{235}\text{Kr}$
- ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{238}\text{U} + 3{}_0^1\text{n}$
- ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{140}\text{Cs} + {}_{36}^{93}\text{Rb} + 3{}_0^1\text{n}$

- 04.** (Unifor-CE) A principal reação que ocorre no interior do Sol ocorre entre dois prótons de hidrogênio, liberando energia numa taxa extremamente lenta que não apresenta importância para produção de energia industrial (esta reação resulta em alta geração de energia no Sol devido à enorme quantidade de hidrogênio termicamente isolado existente no seu centro). Na reação de conversão, o hidrogênio na forma de deutério e trítio fundem-se formando o gás nobre hélio, liberando energia e um nêutron como produtos da reação, conforme a figura a seguir.



Disponível em: <[http://www.plasma.inpe.br/LAP\\_Portal/LAP\\_Sitio/Texto/Reacoes\\_de\\_Fusao.htm](http://www.plasma.inpe.br/LAP_Portal/LAP_Sitio/Texto/Reacoes_de_Fusao.htm)>.

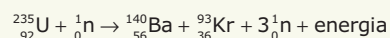
A reação entre que ocorre entre o deutério e o trítio formando o hélio no texto citado anteriormente é:

- uma reação química.
- uma reação físico-química.
- uma reação nuclear.
- uma reação biológica.
- uma reação ecológica.

- 05.** A primeira bomba atômica ou bomba A foi detonada em julho de 1945, no deserto do Novo México (EUA). Poucas semanas depois, duas bombas atômicas anteciparam o fim da 2ª Guerra Mundial ao serem lançadas sobre as cidades de Hiroshima e Nagasaki. Em novembro de 1952, especialistas norte-americanos detonaram a primeira arma de hidrogênio, que tinha uma força explosiva milhares de vezes maior que as bombas atômicas que destruíram as cidades japonesas. Estima-se que as armas nucleares ativas, hoje, são suficientes para destruir o nosso planeta. Sobre as bombas nucleares (A e H) e seus processos de funcionamento, assinale a alternativa incorreta.

- Ambas as bombas funcionam por meio de um processo de fissão nuclear.
- A bomba H também é conhecida como bomba term nuclear, pois ocorre sob condições de altíssimas temperaturas.
- O processo de fusão, em si, não forma produtos altamente radioativos, como na fissão.
- A liberação de energia na bomba H é maior do que a da bomba A, pois no processo de fusão há maior perda de massa do que no processo de fissão nuclear.
- Em uma bomba H, obtém-se o processo de fusão nuclear mais facilmente se utilizarmos os isótopos mais pesados do hidrogênio.

- 06.** (UnirG-TO) Os reatores nucleares produzem energia a partir da fissão nuclear conforme esquema a seguir que descreve o bombardeamento do U por nêutrons. Analisando a equação que descreve esta fissão nuclear, podemos afirmar que:



- O Urânio 235 sofre fissão e gera dois isótonos, três nêutrons e energia.
- O Urânio 235 sofre fissão e gera dois átomos distintos, três nêutrons e energia.
- O Urânio 235 sofre fissão e gera dois isóbaros, três nêutrons e energia.
- O Urânio 235 sofre fissão e gera dois isótopos, três nêutrons e energia.

**07.** (Mackenzie-SP-2017) A respeito dos processos de fissão e fusão nuclear, assinale a alternativa correta.

- A) A fusão nuclear é o processo de junção de núcleos atômicos menores formando núcleos atômicos maiores, absorvendo uma grande quantidade de energia.
- B) A fissão nuclear é o processo utilizado na produção de energia nas usinas atômicas, com baixo impacto ambiental, sendo considerada uma energia limpa e sem riscos.
- C) No Sol ocorre o processo de fissão nuclear, liberando uma grande quantidade de energia.
- D) A equação:  $\frac{1}{0}n + \frac{235}{92}\text{U} \rightarrow \frac{140}{56}\text{Ba} + \frac{93}{36}\text{Kr} + 3\frac{1}{0}n$ , representa uma reação de fissão nuclear.
- E) O processo de fusão nuclear foi primeiramente dominado pelos americanos para a construção das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki.

**08.** (PUC RS) Uma das consequências do terremoto em Fukushima, no Japão, em março de 2011, foi o acidente em usinas nucleares. Nessas usinas, a energia é obtida a partir do bombardeamento de Urânio-235, de modo que, ao formar um núcleo instável, esse se fragmenta em dois núcleos distintos, liberando novos nêutrons que colidirão com outros núcleos sucessivamente, em uma reação em cadeia. A alta energia liberada nesse processo aquece água que vaporiza e coloca em movimento turbinas, produzindo energia elétrica.

Com base nessas informações, é correto afirmar que

- A) o elemento instável é o Urânio-234.
- B) o processo descrito é uma fissão nuclear.
- C) nesse processo não há produção de radiações gama.
- D) a fusão do Urânio é responsável pela produção de elevada energia.
- E) ao colidir o nêutron com o núcleo de Urânio, há alteração na eletrosfera desse átomo.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**01.** (PUC-Campinas-SP-2018) A fusão nuclear é um processo em que dois núcleos se combinam para formar um único núcleo, mais pesado. Um exemplo importante de reações de fusão é o processo de produção de energia no Sol, e das bombas termonucleares (bomba de hidrogênio). Podemos dizer que a fusão nuclear é a base de nossas vidas, uma vez que a *energia solar*, produzida por esse processo, é indispensável para a manutenção da vida na Terra.

Reação de fusão nuclear:  ${}^2\text{H} + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + n$

Disponível em: <<http://portal.if.usp.br>> (Adaptação).

Representam isótopos, na reação de fusão nuclear apresentada, apenas:

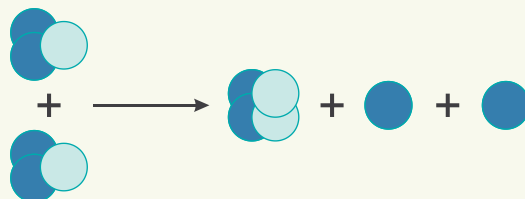
- A)  ${}^2\text{H}$  e  ${}^4\text{He}$
- B)  ${}^3\text{H}$  e  ${}^4\text{He}$
- C)  ${}^2\text{H}$  e  $n$
- D)  ${}^2\text{H}$  e  ${}^3\text{H}$
- E)  ${}^4\text{He}$  e  $n$

**02.** (FASEH-MG-2017) As reações nucleares podem liberar enormes quantidades de energia, e os reatores nucleares são muito usados na produção de energia.

Assinale a alternativa que apresenta o processo nuclear que representa uma fissão nuclear.

- A) O urânio-235 é atacado por nêutrons produzindo criptônio-91, bário-142 e nêutrons.
- B) O deutério ( ${}^2\text{H}$ ) e trítio ( ${}^3\text{H}$ ) reagem para produzir gás hélio ( ${}^4\text{He}$ ) e nêutrons.
- C) O urânio-238 perde uma partícula alfa produzindo tório-234.
- D) O mercúrio-201 sofre captura de elétrons produzindo o ouro-201.

**03.** (Unicamp-SP-2017) Um filme de ficção muito recente destaca o isótopo  ${}^3\text{He}$ , muito abundante na Lua, como uma solução para a produção de energia limpa na Terra. Uma das transformações que esse elemento pode sofrer, e que justificaria seu uso como combustível, está esquematicamente representada na reação a seguir, em que o  ${}^3\text{He}$  aparece como reagente.



De acordo com esse esquema, pode-se concluir que essa transformação, que liberaria muita energia, é uma

- A) fissão nuclear, e, no esquema, as esferas mais escuras representam os nêutrons e as mais claras os prótons.
- B) fusão nuclear, e, no esquema, as esferas mais escuras representam os nêutrons e as mais claras os prótons.
- C) fusão nuclear, e, no esquema, as esferas mais escuras representam os prótons e as mais claras os nêutrons.
- D) fissão nuclear, e, no esquema, as esferas mais escuras são os prótons e as mais claras os nêutrons.

**04.** (UEL-PR-2016) O desastre de Chernobyl ocorreu em 1986, lançando grandes quantidades de partículas radioativas na atmosfera. Usinas nucleares utilizam elementos radioativos com a finalidade de produzir energia elétrica a partir de reações nucleares.

Com base nos conhecimentos sobre os conceitos de radioatividade, assinale a alternativa correta.

- A) A desintegração do átomo de  ${}^{210}_{83}\text{Bi}$  em  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  ocorre após a emissão de uma onda eletromagnética gama.
- B) A desintegração do átomo  ${}^{235}_{92}\text{U}$  em  ${}^{231}_{90}\text{Th}$  ocorre após a emissão de uma partícula beta.
- C) A fusão nuclear requer uma pequena quantidade de energia para promover a separação dos átomos.

- D) A fusão nuclear afeta os núcleos atômicos, liberando menos energia que uma reação química.
- E) A fissão nuclear do átomo de  ${}^{235}_{92}\text{U}$  ocorre quando ele é bombardeado por nêutrons.

**05.** (PUC-GO–2016) Leia com atenção o fragmento:

“A grande massa deles, concentrada perto do Lago Tchad, foi destruída com uma única bomba atômica de média potência, lançada de um bombardeiro, num dia de verão.”

SCLIAR, Moacyr. *Melhores contos*. 6. ed. São Paulo: Global, 2003. p. 159-160.

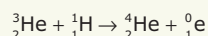
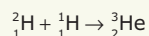
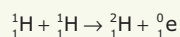
O controle das reações nucleares foi um passo importante para o homem. Mesmo que estas tenham grande potencial destruidor, pode-se obter delas muitos benefícios, como a utilização da radiação gama para esterilização, o desenvolvimento de equipamentos de diagnóstico médico e de controle do câncer, entre outros.

Sobre a radioatividade, assinale a alternativa correta.

- A) Fissão nuclear é a união de dois ou mais átomos formando outro átomo de maior número atômico.
- B) Fusão nuclear é a divisão de um átomo instável, levando à formação de dois ou mais núcleos atômicos.
- C) Emissão alfa se dá quando um núcleo instável emite uma partícula alfa. Esta corresponde a um núcleo de um átomo de hélio.
- D) Emissão beta ocorre quando um núcleo instável emite uma partícula beta. Esta é um núcleo de um átomo de hidrogênio.

**06.** (Unesp–2015) Leia o texto para responder à questão.

A energia liberada pelo Sol é fundamental para a manutenção da vida no planeta Terra. Grande parte da energia produzida pelo Sol decorre do processo de fusão nuclear em que são formados átomos de hélio a partir de isótopos de hidrogênio, conforme representado no esquema:

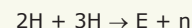


RUSSELL, John B. *Química geral*. 1994.

A partir das etapas consecutivas de fusão nuclear representadas no esquema, é correto afirmar que ocorre

- A) formação de uma molécula de hidrogênio.
- B) emissão de nêutron.
- C) formação de uma molécula de hidrogênio e de dois átomos de hélio.
- D) emissão de pósitron.
- E) emissão de próton.

**07.** (FUVEST-SP) Na reação de fusão nuclear representada por:



ocorre a liberação de um nêutron (n). A espécie E deve ter

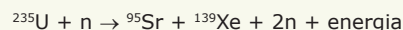
- A) 2 prótons e 2 nêutrons.
- B) 2 prótons e 3 nêutrons.
- C) 2 prótons e 5 nêutrons.
- D) 2 prótons e 3 elétrons
- E) 4 prótons e 3 elétrons.

**08.** (UECE–2016) O Sol é responsável pela temperatura, pela evaporação, pelo aquecimento e por muitos processos biológicos que ocorrem em plantas e animais. Sua massa é muito maior que a massa do planeta Terra. A temperatura média na superfície do Sol chega a milhares de graus Celsius. A luz solar chega ao planeta Terra em poucos minutos, pois ela viaja a uma velocidade de 300 000 km/s. Com relação ao Sol, assinale a afirmação verdadeira.

- A) Na parte mais interior da estrela, ocorrem reações químicas como, por exemplo, a fissão nuclear entre átomos de hidrogênio.
- B) Do ponto de vista químico, o Sol é formado pelos seguintes elementos: 73% de hélio, 25% de hidrogênio e 27% de outros elementos.
- C) Na parte do núcleo do Sol ocorre atrito constante de partículas de hélio. Esse processo é o responsável pela fusão nuclear que transforma massa em energia.
- D) As reações nucleares do Sol transformam o hidrogênio em hélio e nessa transformação é liberada uma enorme quantidade de energia.

## SEÇÃO ENEM

**01.** (Enem–2016) A energia nuclear é uma alternativa aos combustíveis fósseis que, se não gerenciada de forma correta, pode causar impactos ambientais graves. O princípio da geração dessa energia pode se basear na reação de fissão controlada do urânio por bombardeio de nêutrons, como ilustrado:



Um grande risco decorre da geração do chamado lixo atômico, que exige condições muito rígidas de tratamento e armazenamento para evitar vazamentos para o meio ambiente.

Esse lixo é prejudicial, pois

- A) favorece a proliferação de microrganismos termófilos.
- B) produz nêutrons livres que ionizam o ar, tornando-o condutor.
- C) libera gases que alteram a composição da atmosfera terrestre.
- D) acentua o efeito estufa decorrente do calor produzido na fissão.
- E) emite radiação capaz de provocar danos à saúde dos seres vivos.

**02.** (Enem-2015)

A bomba

reduz neutros e neutrinos, e abana-se com o leque da  
reação em cadeia

ANDRADE, C. D. *Poesia completa e prosa*.  
Rio de Janeiro: Aguilar, 1973. [Fragmento]

Nesse fragmento de poema, o autor refere-se à bomba atômica de urânio. Essa reação é dita "em cadeia" porque na

- A) fissão do  $^{235}\text{U}$  ocorre liberação de grande quantidade de calor, que dá continuidade à reação.
- B) fissão de  $^{235}\text{U}$  ocorre liberação de energia, que vai desintegrando o isótopo  $^{238}\text{U}$ , enriquecendo-o em mais  $^{235}\text{U}$ .
- C) fissão do  $^{235}\text{U}$  ocorre uma liberação de nêutrons, que bombardearão outros núcleos.
- D) fusão do  $^{235}\text{U}$  com  $^{238}\text{U}$  ocorre formação de neutrino, que bombardeará outros núcleos radioativos.
- E) fusão do  $^{235}\text{U}$  com  $^{238}\text{U}$  ocorre formação de outros elementos radioativos mais pesados, que desencadeiam novos processos de fusão.

**03.** (Enem) A elevação da temperatura das águas de rios, lagos e mares diminui a solubilidade do oxigênio, pondo em risco as diversas formas de vida aquática que dependem desse gás. Se essa elevação de temperatura acontece por meios artificiais, dizemos que existe poluição térmica. As usinas nucleares, pela própria natureza do processo de geração de energia, podem causar esse tipo de poluição.

Que parte do ciclo de geração de energia das usinas nucleares está associada a esse tipo de poluição?

- A) Fissão do material radioativo.
- B) Condensação do vapor-d'água no fim do processo.
- C) Conversão de energia das turbinas pelos geradores.
- D) Aquecimento da água líquida para gerar vapor-d'água.
- E) Lançamento do vapor-d'água sobre as pás das turbinas.

**04.** (Enem) O funcionamento de uma usina nucleoeletrica típica baseia-se na liberação de energia resultante da divisão do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissão nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentração de apenas 4% de material físsil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentrações acima de 20% de urânio físsil, cuja obtenção é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não-físsil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material físsil produzido por reações nucleares no interior do reator das usinas nucleoeletricas. Considerando-se essas informações, é correto afirmar que

- A) a disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido à sua utilização em armas nucleares.
- B) a proibição de se instalarem novas usinas nucleoeletricas não causaria impacto na oferta mundial de energia.

- C) a existência de usinas nucleoeletricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.
- D) a obtenção de grandes concentrações de urânio físsil é viabilizada em usinas nucleoeletricas.
- E) a baixa concentração de urânio físsil em usinas nucleoeletricas impossibilita o desenvolvimento energético.


**05.** (Enem) Na música "Bye, bye, Brasil", de Chico Buarque de Holanda e Roberto Menescal, os versos

puseram uma usina no mar  
talvez fique ruim pra pescar

poderiam estar se referindo à usina nuclear de Angra dos Reis, no litoral do estado do Rio de Janeiro.

No caso de tratar-se dessa usina, em funcionamento normal, dificuldades para a pesca nas proximidades poderiam ser causadas

- A) pelo aquecimento das águas, utilizadas para refrigeração da usina, que alteraria a fauna marinha.
- B) pela oxidação de equipamentos pesados e por detonações que espantariam os peixes.
- C) pelos rejeitos radioativos lançados continuamente no mar, que provocariam a morte dos peixes.
- D) pela contaminação por metais pesados dos processos de enriquecimento do urânio.
- E) pelo vazamento de lixo atômico colocado em tonéis e lançado ao mar nas vizinhanças da usina.

**GABARITO**Meu aproveitamento **Aprendizagem**

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

- |                                     |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. C         | <input type="radio"/> 05. A |
| <input type="radio"/> 02. Soma = 31 | <input type="radio"/> 06. B |
| <input type="radio"/> 03. D         | <input type="radio"/> 07. D |
| <input type="radio"/> 04. C         | <input type="radio"/> 08. B |

**Propostos**

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

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. D | <input type="radio"/> 05. C |
| <input type="radio"/> 02. A | <input type="radio"/> 06. D |
| <input type="radio"/> 03. C | <input type="radio"/> 07. A |
| <input type="radio"/> 04. E | <input type="radio"/> 08. D |

**Seção Enem**

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

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="radio"/> 01. E | <input type="radio"/> 04. C |
| <input type="radio"/> 02. C | <input type="radio"/> 05. A |
| <input type="radio"/> 03. B |                             |



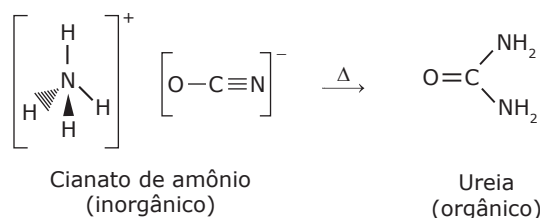
Total dos meus acertos: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ %

## Introdução à Química Orgânica

### HISTÓRICO

No início do século XIX, Berzelius definiu a Química Orgânica como a química dos compostos dos seres vivos, pois, de acordo com ele, somente os seres vivos possuiriam a força vital responsável pela produção de substâncias orgânicas.

O Princípio da Força Vital começa a ser derrubado quando Wöhler, em 1822, sintetizou pela primeira vez um composto orgânico, a ureia, a partir do aquecimento do cianato de amônio, que é um composto inorgânico, conforme a equação a seguir:



A Química Orgânica, então, devia ser redefinida. Estudos de Lavoisier verificaram que todo composto orgânico era formado pelo elemento carbono. Então, a Química Orgânica, hoje, é definida como a química dos compostos do elemento carbono.

Algumas substâncias, apesar de possuírem carbono, não são orgânicas, são as substâncias de transição.

**Exemplos:** C<sub>grafita</sub>, C<sub>diamante</sub>, cianetos, cianatos, carbonatos, bicarbonatos, etc.

Dessa forma, toda substância orgânica possui átomos de carbono, mas nem toda substância que possui átomos de carbono é orgânica.

### CARACTERÍSTICAS DO ELEMENTO CARBONO

#### O carbono é tetravalente

Os átomos de carbono apresentam quatro elétrons de valência e, assim, de acordo com o Modelo do Octeto, o carbono deve formar quatro ligações covalentes para alcançar configuração eletrônica de gás nobre. As quatro valências desse átomo são idênticas entre si.

#### O carbono forma ligações múltiplas

O carbono pode compartilhar um par de elétrons (ligação simples), dois pares de elétrons (ligação dupla) ou até três pares de elétrons (ligação tripla) com outro átomo.

Ligação dupla entre dois átomos de carbono	$\text{C}=\text{C}$	$\cdot\text{C}::\text{C}\cdot$
Ligação dupla entre um carbono e um oxigênio	$\text{C}=\text{O}$	$\cdot\text{C}::\text{O}\cdot$
Ligação tripla entre um carbono e um nitrogênio	$\text{C}\equiv\text{N}$	$\cdot\text{C}::\text{N}\cdot$

#### O carbono forma cadeias

O átomo de carbono possui uma capacidade extraordinária de se ligar a outros átomos, formando cadeias carbônicas muito estáveis.

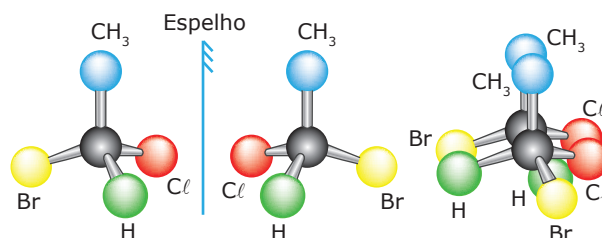
#### O carbono se liga a diversas classes de elementos químicos

O carbono é dotado da capacidade de se ligar a elementos eletropositivos, como o hidrogênio, e a elementos eletronegativos, como o oxigênio.

Essas características explicam o motivo de o carbono ser capaz de formar um enorme número de compostos.

#### Carbono assimétrico

Quando um átomo de carbono está ligado a quatro grupos distintos, nós o chamamos de carbono assimétrico (antigamente denominado carbono quiral).



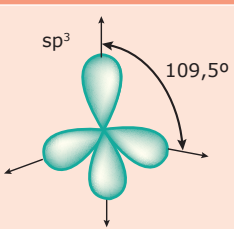
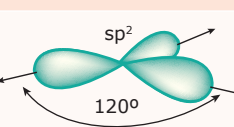
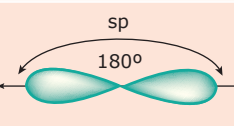
Carbono assimétrico.



# CLASSIFICAÇÕES DO ÁTOMO DE CARBONO

## Quanto ao tipo de hibridização

As ligações entre os átomos de carbono podem ser simples – ligações sigma ( $\sigma$ ) – duplas – 1 ligação sigma ( $\sigma$ ) e 1 ligação pi ( $\pi$ ) – ou triplas – 1 ligação sigma ( $\sigma$ ) e 2 ligações pi ( $\pi$ ). Os átomos de carbono unidos por ligação simples sofrem hibridização  $sp^3$ , por uma dupla-ligação sofrem hibridização  $sp^2$  e por tripla ligação ou duas duplas-ligações sofrem hibridização  $sp$ .

Veja as tabelas a seguir:

Hibridização	Estado fundamental	Promoção do elétron	Hibridização
 $sp^3$ $109,5^\circ$ $\cdot\dot{C}\cdot$	$1s^2$ $2s^2$ $2p^2$	$1s^2$ $2s^1$ $2p^3$	$1s^2$ $sp^3$ $sp^3$ $sp^3$ $sp^3$ $\sigma$
 $sp^2$ $120^\circ$ $:\dot{C}:$	$1s^2$ $2s^2$ $2p^2$	$1s^2$ $2s^1$ $2p^3$	$1s^2$ $sp^2$ $sp^2$ $sp^2$ $\sigma$ $2p$ $\pi$
 $sp$ $180^\circ$ $:\dot{C}:$ ou $\cdot\dot{C}\cdot$	$1s^2$ $2s^2$ $2p^2$	$1s^2$ $2s^1$ $2p^3$	$1s^2$ $sp$ $sp$ $\sigma$ $2p$ $2p$ $\pi$

Hibridização	Ocorrência	Geometria molecular	Ângulo entre as ligações
$sp^3$		Tetraédrica	$109^\circ,28'$ ou $109,5^\circ$
$sp^2$		Trigonal plana	$120^\circ$
$sp$	$=C=$ ou $-C\equiv$	Linear	$180^\circ$

## Quanto ao número de carbonos ligantes

Em uma cadeia carbônica, um átomo de carbono pode ser classificado como:

- **Primário** – quando está ligado a, no máximo, um carbono.
- **Secundário** – quando está ligado a dois carbonos.
- **Terciário** – quando está ligado a três carbonos.
- **Quaternário** – quando está ligado a quatro carbonos.

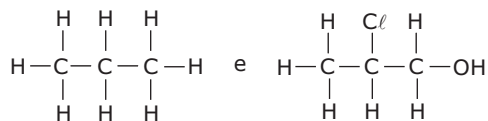
## FÓRMULAS QUÍMICAS DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

**Fórmula molecular** – É a fórmula que indica apenas os elementos que formam os compostos orgânicos, bem como o número de átomos de cada elemento existente em uma molécula.

**Exemplos:**  $C_6H_6$ ,  $C_{12}H_{22}O_{11}$  e  $CH_3Cl$ .

**Fórmula estrutural plana** – Essa fórmula mostra a distribuição plana dos átomos que formam a molécula.

**Exemplos:**



### OBSERVAÇÃO

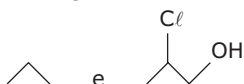
Essa fórmula pode também ser escrita ocultando-se as ligações entre os átomos de carbono e de hidrogênio.

**Exemplos:**



**Fórmula estrutural espacial do tipo "traço"** – Essa fórmula mostra a distribuição espacial dos átomos que formam a molécula, exceto os átomos de hidrogênio da cadeia carbônica ligados aos carbonos, pois eles são ocultados.

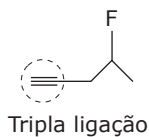
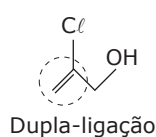
**Exemplos:**



### OBSERVAÇÕES

1. Nesse tipo de representação, cada extremidade de um traço corresponde a um átomo de carbono.
2. Para se determinar o número de hidrogênios ligados a cada carbono, é só verificar quantas ligações cada um desses átomos está fazendo e subtrair de quatro unidades (o carbono é tetravalente).
3. Uma ligação insaturada, dupla ou tripla, é representada por dois e três traços, respectivamente, entre os carbonos.

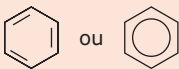


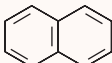
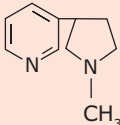
**Exemplos:**



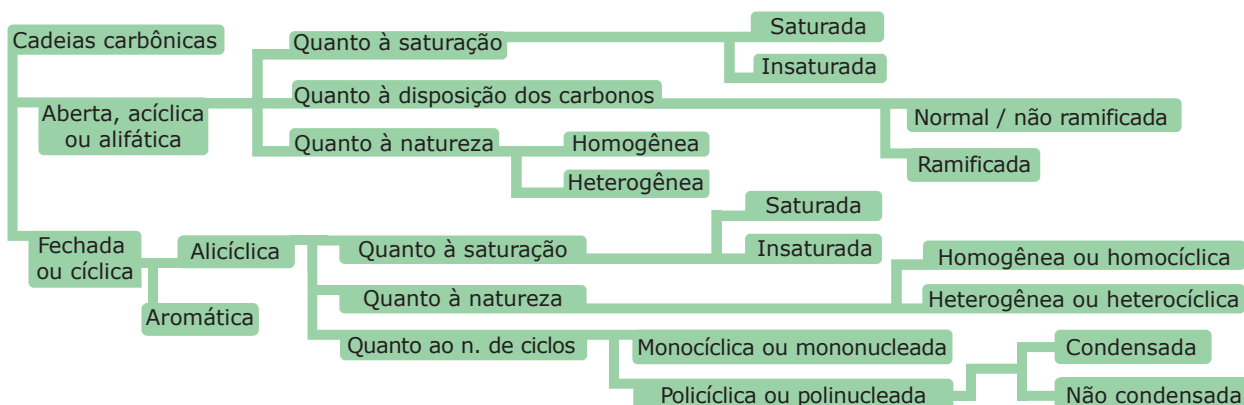
## CADEIAS CARBÔNICAS

Os átomos de carbono podem formar diferentes tipos de cadeias, que podem ser classificadas, basicamente, em:

Cadeia	Características	Exemplo
Aberta, acíclica ou alifática	Os átomos de carbono não formam um ciclo.	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Fechada ou cíclica	Os átomos de carbono formam um ciclo.	
Cadeia mista	É uma cadeia formada por uma parte aberta e outra fechada. Observação: a parte aberta da cadeia deve conter carbonos.	
Saturada	Não apresenta dupla ou tripla ligação entre dois átomos da cadeia principal.	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
Insaturada	Apresenta pelo menos uma ligação dupla ou tripla entre dois átomos da cadeia principal.	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$

Cadeia	Características	Exemplo
Homogênea	Entre dois átomos de carbono, só há a presença de carbono (para cadeias fechadas, podemos denominá-las homocíclicas).	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
Heterogênea	Entre dois átomos de carbono, há a presença de um átomo diferente de carbono, heteroátomo (para cadeias fechadas, podemos denominá-las heterocíclicas). Heteroátomos mais frequentes: O, N, S e P.	$\text{CH}_3\text{-O-CH=CH}_2$
Normal ou não ramificada	Todos os carbonos estão dispostos em um único eixo. Nesse tipo de cadeia, existem apenas carbonos primários e secundários.	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-OH} \end{array}$
Ramificada	Existe mais de um eixo contendo carbonos. São cadeias em que há, geralmente, pelo menos 1 átomo de carbono terciário ou quaternário. Observação: Toda cadeia mista é ramificada.	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Aromática	Cadeia fechada em que se verifica a presença de ressonância (deslocalização de pares de elétrons $\pi$ ). As cadeias aromáticas a serem estudadas por nós são as cadeias benzênicas (ciclo com seis átomos de carbono com alternância de simples e de duplas ligações entre carbonos) e suas cadeias derivadas.	
Alicíclica	Cadeia fechada não aromática.	
Monocíclica ou mononucleada	Cadeia fechada que apresenta apenas um ciclo.	
Policíclica condensada ou polinucleada condensada	Cadeia fechada que apresenta mais de um ciclo, em que há átomos de carbono comuns.	
Policíclica não condensada ou polinucleada não condensada	Cadeia fechada que apresenta mais de um ciclo e que não possui átomos de carbono comuns.	

## Resumo





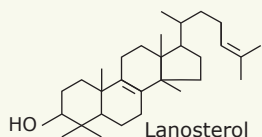
## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



- 01.** (CMMG) São substâncias orgânicas
- "algumas" substâncias conhecidas que não têm carbono.
  - "todas" as substâncias conhecidas que contêm carbono.
  - "quase todas" as substâncias conhecidas que contêm carbono.
  - "todas" as substâncias usadas na alimentação.
  - "todas" as substâncias contidas no organismo humano.

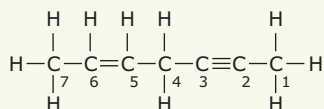
- 02.** (UFU-MG) Leia o texto a seguir:
- Os átomos de carbono se ligam entre si, gerando milhões de compostos. Estas cadeias carbônicas, ramificadas ou não, podem se ligar com uma variedade de outros átomos, tais como: hidrogênio, flúor, cloro, bromo, iodo, oxigênio, nitrogênio, enxofre, fósforo e muitos outros. Cada ordenamento atômico diferente corresponde a um composto distinto com propriedades físicas e químicas diferentes. Em relação às características gerais dos compostos orgânicos, assinale a alternativa correta.
- São facilmente ionizáveis.
  - São sempre solúveis em água.
  - São moleculares.
  - São altamente resistentes ao aquecimento (sem decomposição).

- 03.** (UFES) U6L6 O lanosterol é um intermediário na biossíntese do colesterol, um importante precursor de hormônios humanos e constituinte vital de membranas celulares.



- Os números de carbonos terciários e quaternários com hibridização  $sp^3$  e o número de elétrons  $\pi$  existentes na molécula do lanosterol são, respectivamente,
- 2, 4 e 2.
  - 2, 4 e 4.
  - 3, 3 e 2.
  - 3, 4 e 2.
  - 3, 4 e 4.

- 04.** (UFV-MG) HVLY No hidrocarboneto de fórmula estrutural representada a seguir, os átomos de carbono estão numerados de 1 a 7.



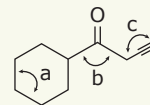
Sobre esse hidrocarboneto, são feitas as seguintes afirmativas:

- O total de ligações  $\pi$  ( $\pi$ ) na estrutura é igual a 3.
- O átomo de carbono 2 forma 3 ligações  $\pi$  ( $\pi$ ) e 1 ligação  $\sigma$  (sigma).
- O átomo de carbono 5 forma 3 ligações  $\sigma$  (sigma) e 1 ligação  $\pi$  ( $\pi$ ).
- O átomo de carbono 1 forma 4 ligações  $\sigma$  (sigma).

São corretas apenas as afirmativas

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

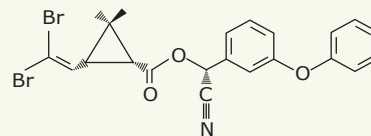
- 05.** (UFRGS-RS-2018) Considere o composto representado a seguir.



Os ângulos aproximados, em graus, das ligações entre os átomos representados pelas letras a, b e c, são, respectivamente,

- 109,5 - 120 - 120.
- 109,5 - 120 - 180.
- 120 - 120 - 180.
- 120 - 109,5 - 120.
- 120 - 109,5 - 180.

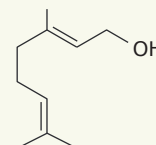
- 06.** (UFV-MG) Muitos inseticidas utilizados na agricultura e no ambiente doméstico pertencem à classe de compostos denominados piretroides. Entre os muitos piretroides disponíveis comercialmente, encontra-se a deltametrina, cujo isômero mais potente tem sua fórmula estrutural representada a seguir:



Com relação à fórmula apresentada anteriormente, assinale a afirmativa incorreta.

- O composto possui sete carbonos quaternários.
- Existe um carbono quaternário.
- O composto apresenta dez ligações  $\pi$ .
- O composto possui três carbonos assimétricos.
- O composto possui quinze carbonos com hibridização  $sp^2$  e um carbono  $sp$ .

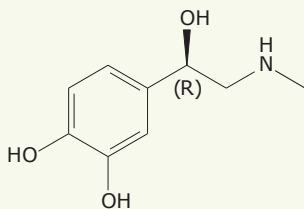
- 07.** (PUC Rio-2016) 1PRH O óleo de citronela é muito utilizado na produção de velas e repelentes. Na composição desse óleo, a substância representada a seguir está presente em grande quantidade, sendo, dentre outras, uma das responsáveis pela ação repelente do óleo.



A cadeia carbônica dessa substância é classificada como aberta,

- saturada, homogênea e normal.
- saturada, heterogênea e ramificada.
- insaturada, ramificada e homogênea.
- insaturada, aromática e homogênea.
- insaturada, normal e heterogênea.

- 08.** (Unievangélica–2015) Nos momentos de tensão, medo e pânico, são liberados no organismo do ser humano uma determinada quantidade de adrenalina (fórmula a seguir), que aumenta a pulsação cardíaca.



De acordo com os critérios de classificação de compostos orgânicos, esse composto pode ser classificado como

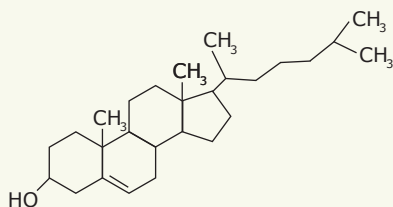
- A) aromático, ramificado e heterogêneo.  
 B) aromático, saturado e heterogêneo.  
 C) alifático, normal e homogêneo.  
 D) alicíclico, ramificado e heterogêneo.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



- 01.** (UNITAU-SP–2015) Com relação às características do átomo de carbono, assinale a alternativa incorreta.
- A) O átomo de carbono é tetravalente, podendo ligar-se a quatro átomos monovalentes.  
 B) Os átomos de carbono podem se ligar entre si para formar cadeias.  
 C) As ligações entre os átomos de carbono podem ocorrer por ligações simples, duplas ou triplas.  
 D) Todo átomo de carbono que estabelece quatro ligações é tetraédrico.  
 E) O átomo de carbono possui  $Z = 6$ , portanto os seus elétrons estão distribuídos em seis camadas.

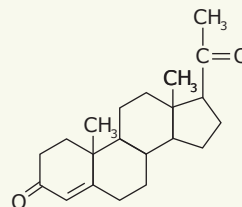
- 02.** (UFAL) O colesterol é um esteroide abundante no corpo humano e está presente em alimentos de origem animal. A maior parte do colesterol presente no corpo é sintetizada pelo próprio organismo. O alto nível de colesterol no sangue é prejudicial à saúde e tem sido associado a doenças cardiovasculares. Dada a estrutura do colesterol,



o número de átomos de carbono e hidrogênio presentes na estrutura são, respectivamente,

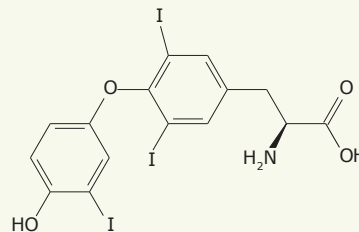
- A) 27 e 46.      C) 26 e 45.      E) 25 e 43.  
 B) 27 e 45.      D) 25 e 44.

- 03.** (UFT-TO–2015) A progesterona é um hormônio responsável pelas características sexuais femininas. Considerando a estrutura da progesterona a seguir, pode-se afirmar que os números de átomos de carbono hibridizados em  $sp^2$  e  $sp^3$  são, respectivamente,



- A) 5 e 16.      C) 2 e 19.      E) 1 e 20.  
 B) 3 e 19.      D) 4 e 17.

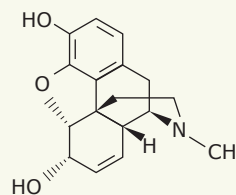
- 04.** (FAMERP-SP–2016) Considere a liotironina, um hormônio produzido pela glândula tireoide, também conhecido como T3.



Liotironina  
 Massa molar = 650 g/mol

- A molécula da liotironina apresenta
- A) átomo de carbono assimétrico.  
 B) cadeia carbônica homogênea.  
 C) cadeia carbônica alifática.  
 D) dois heterociclos.  
 E) quatro átomos de hidrogênio.
- 05.** (UERN) "A morfina é uma substância narcótica e sintética (produzida em laboratório), derivada do ópio retirado do leite da papoula. Com uma grande utilidade na Medicina, a morfina é usada como analgésico em casos extremos, como traumas, partos, dores pós-operativas, graves queimaduras, etc."

Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/drogas/morfina.htm>>.

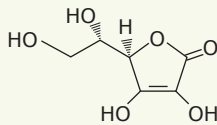


Morfina

Com relação à morfina, é correto afirmar que

- A) possui 4 carbonos secundários.
- B) não possui carbono quartenário.
- C) sua fórmula molecular é  $C_{17}H_{19}NO_3$ .
- D) possui 5 carbonos com hibridação  $sp^2$ .

06. (Uni-FACEF-SP-2016) O quadro apresenta a estrutura da vitamina C e sua solubilidade em água em função da temperatura.

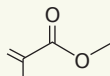


Temperatura (°C)	Solubilidade (g/L)
25	330
45	400
100	800

A fórmula molecular da vitamina C é

- A)  $C_5H_8O_5$ .
- B)  $C_5H_{12}O_6$ .
- C)  $C_6H_5O_6$ .
- D)  $C_6H_8O_6$ .
- E)  $C_6H_{10}O_6$ .

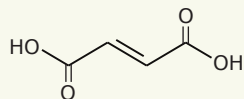
07. (PUC Rio-2015) A seguir, está representada a estrutura do metacrilato de metila.



Essa substância possui fórmula molecular

- A)  $C_4H_6O_2$  e 2 ligações pi ( $\pi$ ).
- B)  $C_4H_6O_2$  e 4 ligações pi ( $\pi$ ).
- C)  $C_5H_8O_2$  e 4 ligações pi ( $\pi$ ).
- D)  $C_5H_8O_2$  e 10 ligações sigma ( $\sigma$ ).
- E)  $C_5H_8O_2$  e 14 ligações sigma ( $\sigma$ ).

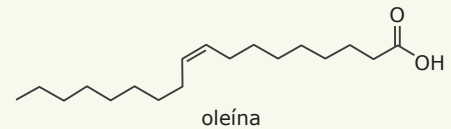
08. (PUC Rio-2015) A seguir está representada a estrutura do ácido fumárico.



A respeito desse ácido, é correto afirmar que ele possui

- A) somente átomos de carbono secundários e cadeia carbônica normal.
- B) átomos de carbono primários e secundários, e cadeia carbônica ramificada.
- C) átomos de carbono primários e secundários, e cadeia carbônica insaturada.
- D) átomos de carbono primários e terciários, e cadeia carbônica saturada.
- E) átomos de carbono primários e terciários, e cadeia carbônica ramificada.

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



O número de átomos de carbono na estrutura da oleína é igual a:

- A) 16
- B) 18
- C) 19
- D) 20
- E) 17

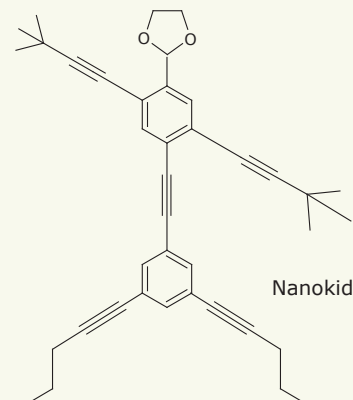
## SEÇÃO ENEM

01. (Enem) A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, e moléculas contendo substituintes planares são inativas.

O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é

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

02. (Enem) As moléculas de *nanoptutians* lembram figuras humanas e foram criadas para estimular o interesse de jovens na compreensão da linguagem expressa em fórmulas estruturais, muito usadas em Química Orgânica. Um exemplo é o NanoKid, representado na figura.



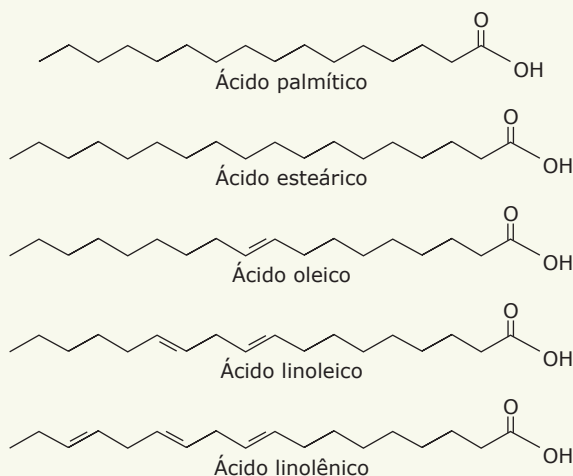
CHANTEAU, S. H.; TOUR, J. M. *The Journal of Organic Chemistry*, v. 68, n. 23, 2003 (Adaptação).

Em que parte do corpo do NanoKid existe carbono quaternário?

- A) Mãos
- B) Cabeça
- C) Tórax
- D) Abdômen
- E) Pés

03. (Enem) A qualidade de óleos de cozinha, compostos principalmente por moléculas de ácidos graxos, pode ser medida pelo índice de iodo. Quanto maior o grau de insaturação da molécula, maior o índice de iodo determinado e melhor a qualidade do óleo.

Na figura, são apresentados alguns compostos que podem estar presentes em diferentes óleos de cozinha.

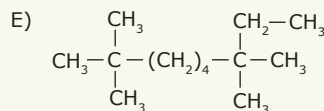
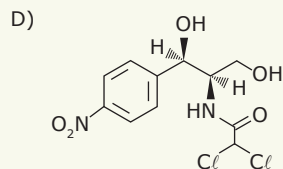
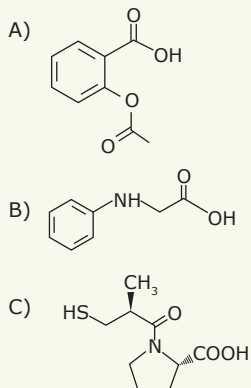


Dentre os compostos apresentados, os dois que proporcionam melhor qualidade para os óleos de cozinha são os ácidos

- A) esteárico e oleico.                      D) palmítico e linolênico.  
B) linolênico e linoleico.                E) linolênico e esteárico.  
C) palmítico e esteárico.
04. [...] o cloranfenicol é um fármaco que merece destaque por ter sido o primeiro antibiótico ativo de via oral e o primeiro fármaco com centros assimétricos a ser produzido por rota sintética em 1947 [...]. É interessante ressaltar que o cloranfenicol é uma substância aromática que possui dois centros quirais [...]. Atualmente, seu uso é restrito ao tratamento do tifo e em infecções crônicas em que outros antibióticos se mostram insensíveis devido à sua toxicidade sobre a medula óssea e por causar discrasias sanguíneas.

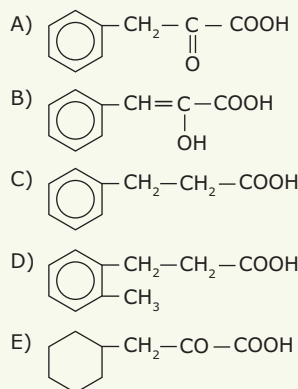
QUÍMICA NOVA NA ESCOLA, n. 3, maio 2001.  
Disponível em: <<http://qnesc.sbg.org.br/online/cadernos/03/sintese.pdf>>

A estrutura que pode representar o cloranfenicol é:



05. 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, adicionamos algumas gotas de solução diluída de cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) na fralda e, dependendo da coloração obtida, identifica-se a presença do ácido fenilpirúvico, responsável pelo desenvolvimento dessa doença. O ácido fenilpirúvico é uma substância de cadeia mista, aromática, com um carbono terciário e oito carbonos trigonais planos.

A estrutura que representa o ácido fenilpirúvico é:



## GABARITO

Meu aproveitamento 

### Aprendizagem

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

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

### Propostos

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

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

### Seção Enem

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

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



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

## Hidrocarbonetos Alifáticos

### FUNÇÕES ORGÂNICAS

As substâncias orgânicas dividem-se em uma série de famílias diferentes de acordo com suas propriedades químicas. Quando utilizamos o termo **função orgânica**, estamos nos referindo a um grupo de compostos com propriedades químicas parecidas. Essas semelhanças de reatividade química podem ser associadas ao fato de que os compostos pertencentes a uma determinada função orgânica apresentam, também, partes semelhantes em suas estruturas moleculares, que são denominadas **grupos funcionais**.

Uma classe muito importante de compostos orgânicos são os hidrocarbonetos.

Hidrocarbonetos são compostos orgânicos constituídos exclusivamente de carbono e de hidrogênio.

Existem diversas categorias de hidrocarbonetos com propriedades químicas muito diferentes. O esquema a seguir resume algumas dessas categorias.

<b>Hidrocarbonetos</b>	<b>Acíclicos</b>	Alcanos ou hidrocarbonetos parafínicos	Apresentam somente ligações C—C e C—H, não há ligações múltiplas.
		Alcenos ou hidrocarbonetos olefínicos	Possuem um grupo C=C, isto é, uma ligação dupla entre carbonos.
		Alcinos ou hidrocarbonetos acetilênicos	Possuem um grupo C≡C, ou seja, uma ligação tripla entre carbonos.
		Alcadienos ou dienios	Apresentam dois grupos C=C.
	<b>Cíclicos</b>	Cicloalcanos ou ciclanos	Apresentam somente ligações C—C e C—H e fechamento em ciclo.
		Cicloalcenos ou ciclenos	Possuem um grupo C=C e fechamento em ciclo.
		Arenos ou hidrocarbonetos aromáticos	Apresentam um anel com elétrons deslocalizados.

### NOMENCLATURA OFICIAL (IUPAC) DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

No passado, os compostos orgânicos eram nomeados de maneira não sistemática. Com a descoberta de uma enorme quantidade desses compostos, foi necessária a criação de um sistema de nomenclatura, ou seja, uma **nomenclatura sistemática**. Em 1882, aconteceu em Genebra, na Suíça, uma reunião de químicos de toda parte para criar um sistema de nomenclatura universal. O conjunto de regras dessa reunião passou a ser conhecido como **Sistema de Nomenclatura IUPAC** – considerado o sistema oficial. As principais regras de nomenclatura serão discutidas à medida que se fizerem necessárias.

A nomenclatura IUPAC de compostos de cadeia carbônica não ramificada (normal) é formada por três partes:

Prefixo	Infixo	Sufixo
Número de carbonos na cadeia principal	Tipo de ligação entre carbonos	Função a que o composto pertence

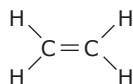
Os dados a seguir indicam alguns prefixos, infixos e sufixos a serem trabalhados na Química Orgânica.

N. de carbonos		Tipo de ligação	Funções
1 C → met	11 C → undec		
2 C → et	12 C → dodec		
3 C → prop	13 C → tridec		
4 C → but	15 C → pentadec		
5 C → pent	20 C → icos		
6 C → hex	30 C → triacont		
7 C → hept	40 C → tetracont		
8 C → oct	50 C → pentacont		
9 C → non	80 C → octacont		
10 C → dec	100 C → hect		

**Se o composto for cíclico, receberá o prenome → ciclo**

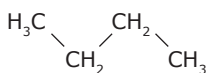
### Exemplos:

#### eteno



2 carbonos → et  
1 ligação dupla → en  
hidrocarboneto → o

#### butano



4 carbonos → but  
cadeia saturada → an  
hidrocarboneto → o

#### etino



2 carbonos → et  
1 ligação tripla → in  
hidrocarboneto → o

#### ciclopenteno



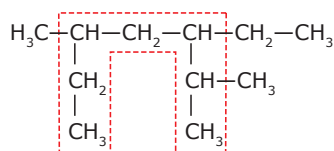
cadeia fechada → ciclo  
5 carbonos → pent  
1 ligação dupla → en  
hidrocarboneto → o

As nomenclaturas **etileno** e **acetileno** são também aceitas, respectivamente, para o eteno e para o etino.

## Nomenclatura dos hidrocarbonetos alifáticos de cadeia ramificada

### Escolha da cadeia principal

Escolhemos a cadeia principal de acordo com o seguinte critério: a maior cadeia carbônica possível contendo as insaturações. Havendo mais de uma possibilidade de cadeia principal, consideramos a que possuir o maior número de ramificações.

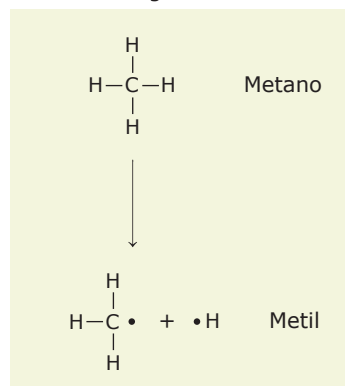


Cadeia principal: a maior possível e com o maior número de ramificações.

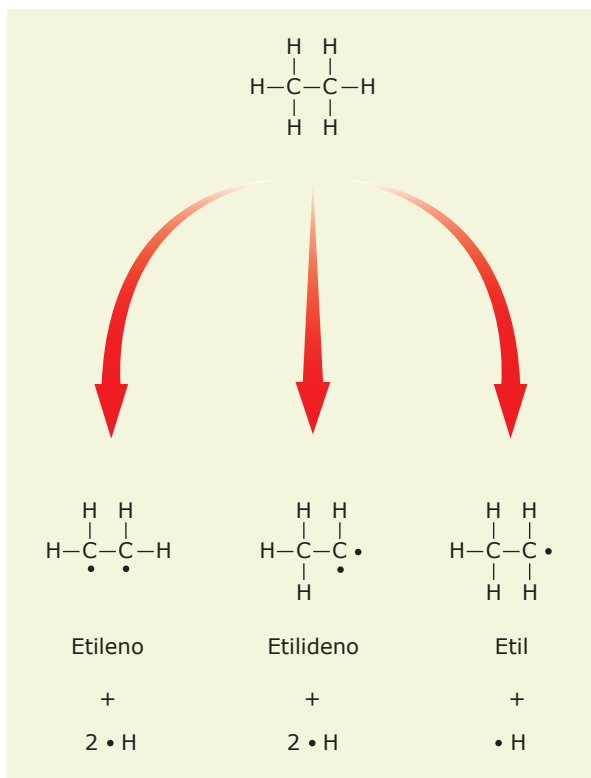
### Ramificações

As partes hidrocarbônicas que ficam fora da cadeia principal são chamadas de **ramificações** ou **grupos orgânicos**. Os grupos orgânicos são nomeados de modo idêntico aos radicais livres originados a partir de hidrocarbonetos.

A seguir, são mostrados alguns desses radicais e seus nomes.

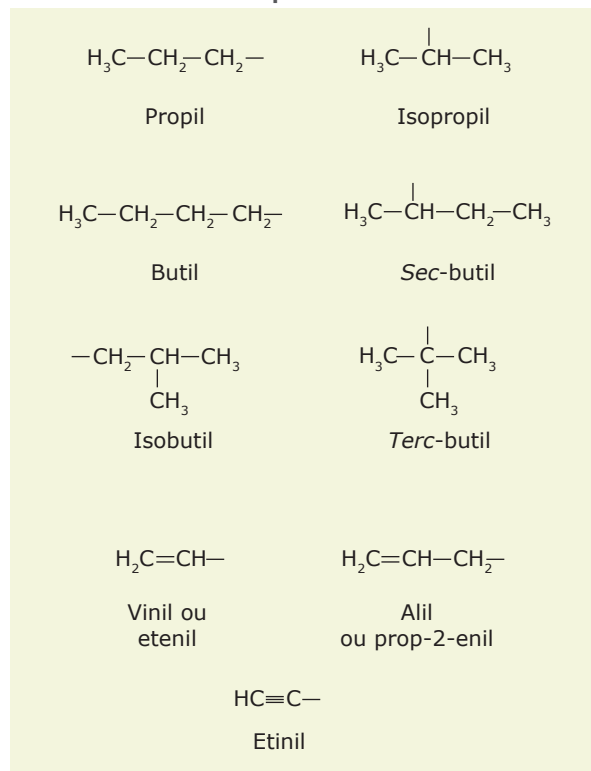


Utilizamos a terminação **-il** para indicar um radical monovalente.

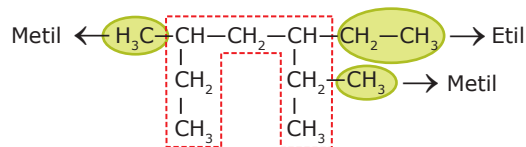


As terminações **-ilideno** e **-ileno** são empregadas para denominar radicais livres bivalentes.

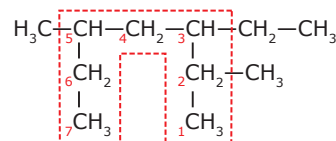
### Outros radicais importantes



Considerando o exemplo anterior, podemos identificar alguns grupos orgânicos ligados à cadeia principal.



Numeramos agora a cadeia principal a partir da extremidade mais próxima da ramificação.



Ao construirmos a nomenclatura do composto, devemos citar primeiramente os grupos orgânicos em **ordem alfabética**. Havendo mais de um grupo do mesmo tipo, colocamos os prefixos di, tri, tetra, penta e seus derivados, que não levamos em consideração para efeito da ordem alfabética. Os prefixos sec- e tert- (ou terc-) também não devem ser considerados para essa ordem. Após o nome dos grupos, citamos a cadeia principal.

Para o exemplo que vem sendo considerado, o nome é:

### 3-etil-2,5-dimetileptano

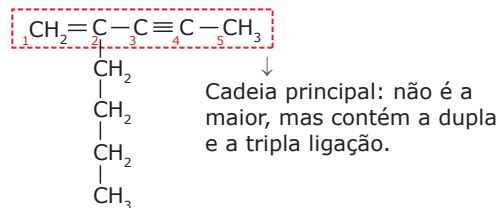
Como podemos notar, a letra "h" foi retirada do prefixo hept-. O mesmo ocorre com o prefixo hex-.

### Cadeias insaturadas

No caso de cadeias insaturadas, a insaturação (dupla ou tripla) deve estar contida na cadeia principal. Em alguns casos, precisamos considerar uma cadeia principal menor para incluir uma insaturação. No caso da numeração, a ordem de prioridade é a seguinte:

dupla > tripla > grupos orgânicos

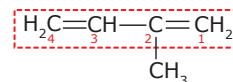
**Exemplo:**



### 2-butilpent-1-en-3-ino

Quando há empate das insaturações, consideramos a numeração a partir da extremidade mais próxima da ramificação.

**Exemplo:**

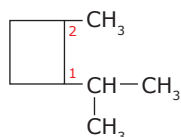


### 2-metilbuta-1,3-dieno

## Hidrocarbonetos alicíclicos

Devemos numerar um anel, começando pelo substituinte, primeiro em ordem alfabética e, posteriormente, na direção que dá à(s) ramificação(ões) seguinte(s) o(s) menor(es) número(s) possível(is). A ordem de citação das ramificações é idêntica àquela discutida para os hidrocarbonetos de cadeia aberta.

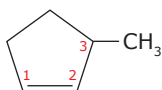
**Exemplo:**



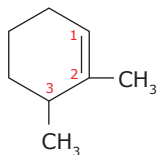
**1-isopropil-2-metilciclobutano**

No caso de ligação dupla em anel, os carbonos da dupla devem receber, obrigatoriamente, os números 1 e 2.

**Exemplos:**



**3-metilciclopenteno**



**2,3-dimetilcicloexeno**

## PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS



Os hidrocarbonetos possuem moléculas apolares ou praticamente apolares, já que as ligações entre carbonos são apolares e as ligações C—H, por sua vez, têm pouca polaridade. Dessa forma, as ligações intermoleculares mais importantes para tais compostos são as interações dipolo instantâneo-dipolo induzido (forças de London).

Alcanos de cadeia linear com até quatro carbonos são gasosos a 25 °C e 1 atm; já os que apresentam de cinco a dezessete carbonos são líquidos e os com dezoito ou mais são sólidos nas mesmas condições. Os hidrocarbonetos são praticamente insolúveis em água e infinitamente miscíveis entre si.

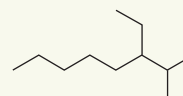
Os compostos formados apenas por ligações C—H e C—C costumam ser pouco reativos, pois essas ligações são intensas. No caso da presença de ligações C=C e C≡C, a reatividade química é bem maior, especialmente nas reações de adição e de oxidação.

## EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM



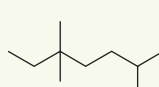
- 01.** Um alceno contendo 10 carbonos e um alcino contendo 9 carbonos em suas estruturas devem apresentar, respectivamente, um número de hidrogênios igual a
- A) 10 e 9. D) 20 e 16.  
B) 20 e 18. E) 16 e 18.  
C) 18 e 20.

- 02.** (UEG-GO) O seguinte hidrocarboneto, segundo as normas de nomenclatura da IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), é o

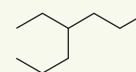


- A) 3-etil-2-metiloctano.  
B) 6-etil-7-metiloctano.  
C) 3-isopropiloctano.  
D) 2-metil-3-etiloctano.

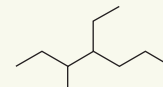
- 03.** (UFV-MG) Assinale a alternativa que apresenta corretamente os nomes sistemáticos para os compostos I, II e III, respectivamente.



I



II



III

- A) 3,3,6-trimetileptano, 3-propilexano, 3-metil-4-metileptano.  
B) 2,5,5-trimetileptano, 4-etileptano, 4-etil-3-metileptano.  
C) 3,3,6-trimetileptano, 4-etileptano, 3-metil-4-metileptano.  
D) 2,5,5-trimetileptano, 3-propilexano, 4-etil-3-metileptano.

- 04.** Assinale a alternativa incorreta, com relação à nomenclatura não oficial (usual) dos principais hidrocarbonetos.
- A) O eteno é denominado etileno.  
B) O acetileno é o etino.  
C) O propeno recebe o nome usual de propileno.  
D) 2,2,4-trimetilpentano é o isopentano.

- 05.** Faça a fórmula estrutural dos compostos
- A) 4-etil-5,5-dimetil-1-ino.  
B) 3-isopropil-2-eno.



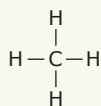
06. (PUC Rio) Considere as afirmativas a seguir sobre o 2-metilpentano.

- I. Possui cadeia carbônica normal.
- II. Possui fórmula molecular  $C_6H_{14}$ .
- III. É um hidrocarboneto insaturado.
- IV. Possui três átomos de carbono primários.

É correto o que se afirma somente em

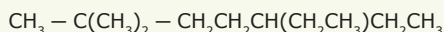
- A) I e II.                      C) I e IV.                      E) II e IV.
- B) I e III.                      D) II e III.

07. (UNITAU-SP) Quanto à classificação e nomenclatura da estrutura a seguir, assinale a alternativa correta.



- A) Hidrocarboneto de cadeia aberta, alcano, metano
- B) Hidrocarboneto de cadeia aberta, álcool, metanol
- C) Hidrocarboneto aromático, alcino, metileno
- D) Hidrocarboneto aromático, alcano, metanal
- E) Hidrocarboneto de cadeia aberta, alceno, metila

08. (UFRRJ) Segundo as regras oficiais (IUPAC), o nome para a substância a seguir é:

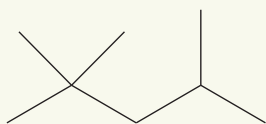


- A) 2,2-dimetil-5-dietilpentano.
- B) 3-etil-6,6-dimetileptano.
- C) 5-etil-2,2-dimetileptano.
- D) 3-etil-5-tercbutilpentano.
- E) 3-etil-6,6,6-trimetilexano.

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



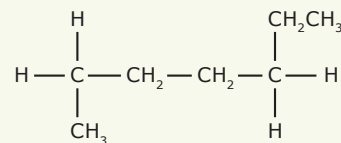
01. (UEA-AM) Considere o isoctano, um dos principais componentes da gasolina, cuja fórmula estrutural é:



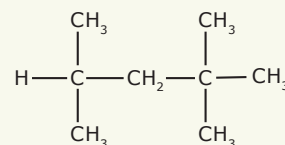
O nome sistemático IUPAC do iso-octano é

- A) n-octano.
- B) 2-etil-3-metilpentano.
- C) 2,2,4-trimetilpentano.
- D) 2,2-dimetil-hexano.
- E) 2,2,3-trietilbutano.

02. (EFOA-MG) Um dos parâmetros utilizados para avaliar a qualidade da gasolina é o *índice de octano*. Esse índice é estabelecido com base em uma escala arbitrária em que ao composto (I) é atribuído o valor 0 (zero) e ao composto (II) o valor 100 (cem).



(I)



(II)

Os nomes sistemáticos dos compostos (I) e (II) são, respectivamente,

- A) 1-metil-4-etilbutano e 1,1,3,3-tetrametilbutano.
- B) heptano e 2,2,4-trimetilpentano.
- C) 1-etil-4-metilbutano e 2,2,4,4-tetrametilbutano.
- D) heptano e 2,4,4-trimetilpentano.
- E) 4-etil-1-metilbutano e 1,1,3,3-tetrametilbutano.

03. (ACAFE-SC) O gás natural, usado como combustível em indústrias, apresenta a vantagem de ser menos poluente que a gasolina, o álcool e o óleo diesel.

O principal componente do gás natural é:

- A) Propano.
- B) Metano.
- C) Butano.
- D) Metanol.
- E) Acetileno.

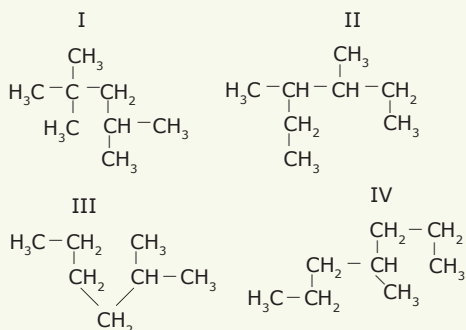
04. (UEPG-PR) Sobre as características do composto 2,2-dimetilpropano, assinale o que for correto.

- 01. Sua fórmula molecular é  $C_5H_{12}$ .
- 02. A cadeia principal é saturada com três átomos de carbono.
- 04. Apresenta cadeia carbônica alifática, homogênea e ramificada.
- 08. Sua cadeia carbônica apresenta 1 átomo de carbono quaternário.

Soma ( )

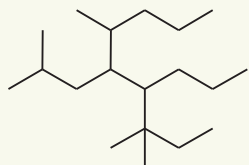
- 05.** (UERJ) Uma mistura de hidrocarbonetos e aditivos compõe o combustível denominado gasolina. Estudos revelaram que quanto maior o número de hidrocarbonetos ramificados, melhor é a performance da gasolina e o rendimento do motor.

Observe as estruturas dos hidrocarbonetos a seguir:



O hidrocarboneto mais ramificado é o de número:

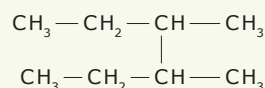
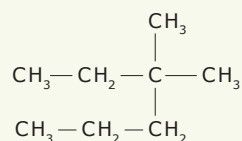
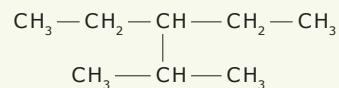
- A) IV  
B) III  
C) II  
D) I
- 06.** (UFF-RJ) Analise a estrutura seguinte e considere as regras de nomenclatura da IUPAC.



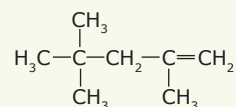
Assinale a opção que indica as cadeias laterais ligadas, respectivamente, aos carbonos de números 4 e 5 da cadeia hidrocarbônica principal.

- A) Propil e isobutil  
B) Metil e isobutil  
C) Terc-pentil e terc-butil  
D) Propil e terc-pentil  
E) Metil e propil
- 07.** (UFCG-PB) Octanagem é o índice de resistência à detonação da gasolina. O índice faz relação da equivalência à resistência de detonação de uma mistura percentual de isoctano (2,2,4-trimetilpentano) de fórmula molecular  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ .

Considerando os três compostos de mesma fórmula molecular que o isoctano, quais são os radicais que podem ser identificados?

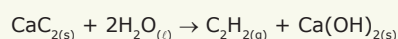


- A) Os radicais metila, etila e sec-butila.  
B) Os radicais metila, etila e propila.  
C) Os radicais metila, etila e isobutila.  
D) Os radicais metila e etila.  
E) Os radicais metila, etila e isopropila.
- 08.** (UFRR-2015) O menteno é um hidrocarboneto encontrado na hortelã, tem o nome sistemático 1-isopropil-4-metil-cicloexeno. Com base nessa informação, assinale a alternativa em que aparece a fórmula molecular:
- A)  $\text{C}_9\text{H}_{16}$   
B)  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$   
C)  $\text{C}_9\text{H}_{18}$   
D)  $\text{C}_{10}\text{H}_{17}$   
E)  $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$
- 09.** (UDESC) Analise o composto representado na figura a seguir:



Sobre o composto, é incorreto afirmar que

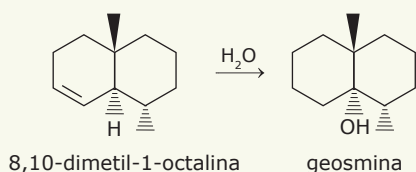
- A) o seu nome é 2,2,4-trimetil-4-penteno.  
B) apresenta dois carbonos com hibridização  $\text{sp}^2$ .  
C) é um alceno ramificado de cadeia aberta.  
D) é um hidrocarboneto ramificado de cadeia aberta.  
E) apresenta seis carbonos com hibridização  $\text{sp}^3$ .
- 10.** (UEA-AM) Considere o acetileno,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , um gás extremamente inflamável, empregado em maçaricos oxiacetileno, que os funileiros utilizam para corte e solda de metais. Esse gás pode ser obtido pela reação de carbeto de cálcio com água, de acordo com a equação:



Quanto à polaridade e à geometria molecular, é correto afirmar que as moléculas de acetileno são

- A) apolares e lineares.
- B) apolares e angulares.
- C) apolares e tetraédricas.
- D) polares e lineares.
- E) polares e tetraédricas.

11. (UFRGS-RS-2017) A geosmina é a substância responsável pelo cheiro de chuva que vem do solo quando começa a chover. Ela pode ser detectada em concentrações muito baixas e possibilita aos camelos encontrarem água no deserto. A bactéria *Streptomyces coelicolor* produz a geosmina, e a última etapa da sua biossíntese é mostrada a seguir.



Considere as seguintes informações, a respeito da 8,10-dimetil-1-octalina e da geosmina.

- I. A 8,10-dimetil-1-octalina é um hidrocarboneto alifático insaturado.
- II. A geosmina é um heterociclo saturado.
- III. Cada um dos compostos apresenta dois carbonos quaternários.

Quais estão corretas?

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

12. (UEL-PR) A gasolina é uma mistura de vários compostos. Sua qualidade é medida em octanas, que definem sua capacidade de ser comprimida com o ar, sem detonar, apenas em contato com uma faísca elétrica produzida pelas velas existentes nos motores de veículos. Sabe-se que o heptano apresenta octanagem 0 (zero) e o 2,2,4-trimetilpentano (isooctano) tem octanagem 100. Assim, uma gasolina com octanagem 80 é como se fosse uma mistura de 80% de isooctano e 20% de heptano.

Com base nos dados apresentados e nos conhecimentos sobre hidrocarbonetos, responda aos itens a seguir.

- A) Quais são as fórmulas estruturais simplificadas dos compostos orgânicos citados?
- B) Escreva a equação química balanceada da reação de combustão completa de cada um dos hidrocarbonetos usados.

## SEÇÃO ENEM

01. (Enem) Motores a combustão interna apresentam melhor rendimento quando podem ser adotadas taxas de compressão mais altas nas suas câmaras de combustão sem que o combustível sofra ignição espontânea. Combustíveis com maiores índices de resistência à compressão, ou seja, maior octanagem, estão associados a compostos com cadeias carbônicas menores, com maior número de ramificações e com ramificações mais afastadas das extremidades da cadeia. Adota-se como valor padrão de 100% de octanagem o isômero do octano mais resistente à compressão.

Com base nas informações do texto, qual dentre os isômeros seguintes seria esse composto?

- A) n-octano
- B) 2,4-dimetilhexano
- C) 2-metileptano
- D) 2,5-dimetilhexano
- E) 2,2,4-trimetilpentano

02. A relativa biodegradabilidade dos hidrocarbonetos tem sido reportada (em ordem de decréscimo de degradabilidade): alcanos lineares ( $C_{10}$  a  $C_{19}$ ), gases ( $C_2$  a  $C_4$ ), alcanos ( $C_5$  a  $C_9$ ), alcanos ramificados com até 12 carbonos, alcenos ( $C_3$  a  $C_{11}$ ), alcenos ramificados, aromáticos e cicloalcanos.

HEELY, D. A.; WERK, E. S.; KOWALSKI, R. G. Bioremediation and Reuse of Soils Containing nº 5 Fuel Oil in New England Using an Aboveground Treatment Cell: a Case Study. In: KOSTECKI, P. T.; CALABRESE, E. J.; BONAZOUNTAS, M. *Hydrocarbon Contaminated Soils*. Lewis Publishers, Chelsea (EUA), 1992. v. II. [Fragmento]

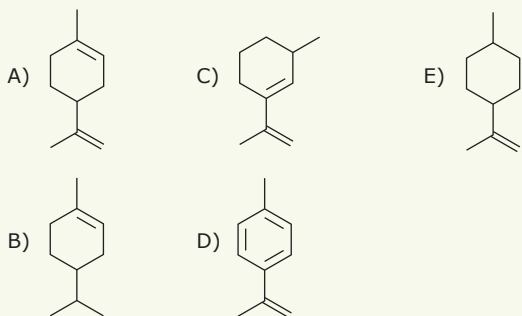
Um posto de combustíveis apresentou um vazamento de gasolina que contaminou o solo de suas imediações. Com o objetivo de biorremediar os danos ambientais provocados por infiltração do combustível no solo, foram utilizados micro-organismos – bactérias e fungos – que digerem o material contaminante, quebrando as moléculas dos hidrocarbonetos e transformando-os em substâncias presentes na natureza: água e gás carbônico.

Dos componentes da gasolina, o que sofrerá degradação mais rapidamente está representado em:

- A)  $C_3H_4$
- B)  $C_3H_6$
- C)  $C_{10}H_8$
- D)  $CH_4$
- E)  $C_7H_{16}$

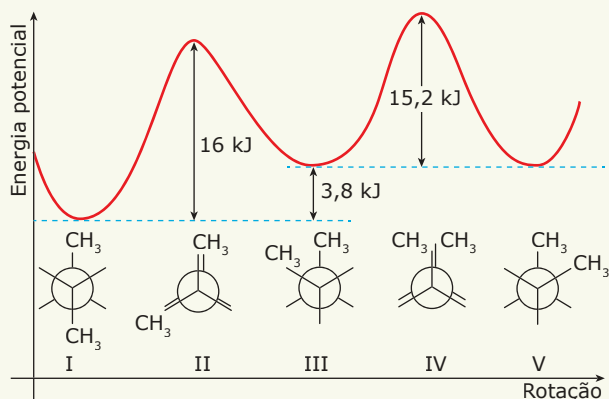
**03.** O limoneno, de nomenclatura IUPAC 1-metil-4-isopropenilciclohexeno, é um hidrocarboneto cíclico, insaturado, que pertence à família dos terpenos. Trata-se de um líquido incolor, volátil e oleoso naturalmente encontrado nas cascas das frutas cítricas, sobretudo de limões e laranjas, e de alguns pinheiros.

Com base nas informações descritas anteriormente, a estrutura do limoneno é:



**04.** A projeção de Newman é uma forma muito utilizada para representar moléculas orgânicas. Nessa representação, é possível verificar o que ocorre com a disposição dos grupos que estão ligados aos átomos de carbono quando ocorre o giro desses átomos em torno da ligação sigma. A essas diferentes configurações que a molécula pode assumir, dá-se o nome de conformações.


A figura a seguir apresenta as variações de energia potencial de cinco conformações da molécula de butano devido à rotação sobre a ligação sigma entre os carbonos 2 e 3, C<sub>2</sub> — C<sub>3</sub>.



Considerando os valores de energia potencial para cada uma das conformações, a que poderia ser considerada mais estável é:

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

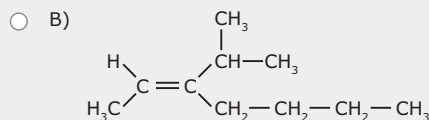
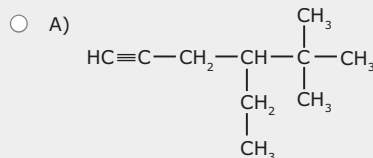
## GABARITO

Meu aproveitamento 

### Aprendizagem

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

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

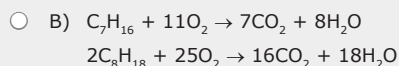
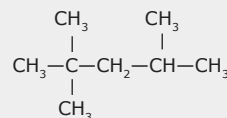
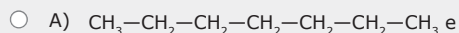


- 06. E
- 07. A
- 08. C

### Propostos

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

- 01. C
- 02. B
- 03. B
- 04. Soma = 15
- 05. D
- 06. A
- 07. D
- 08. E
- 09. A
- 10. A
- 11. A
- 12.



### Seção Enem

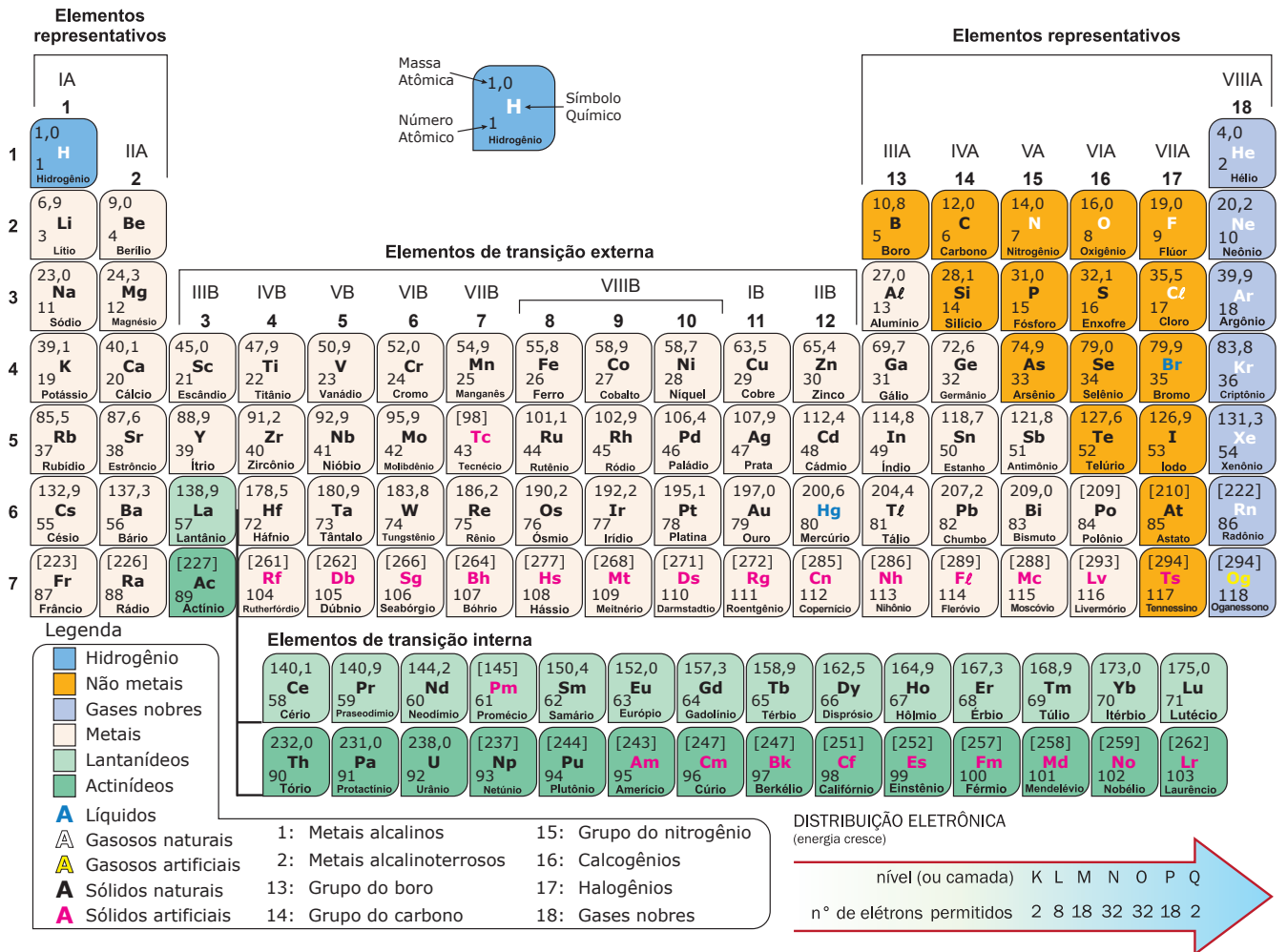
Acertei \_\_\_\_\_ Errei \_\_\_\_\_

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



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

# TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS



## PROPRIEDADES GERAIS DAS SUBSTÂNCIAS

	Iônica	Molecular	Covalente	Metálica
<b>Unidades</b>	cátions e ânions	moléculas	átomos	cátions metálicos
<b>Exemplos</b>	NaCl, MgO, CaCO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O, I <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	diamante, quartzo, grafita	Na, Mg, Fe
<b>Forças de coesão entre as unidades</b>	atração eletrostática (ligação iônica)	interações intermoleculares	ligações covalentes	atração eletrostática entre os cátions metálicos e o mar de elétrons livres (ligação metálica)
<b>Dureza</b>	duras, porém quebradiças	macias	muito duras (exceto a grafita)	de macias a duras, maleáveis
<b>Ponto de Fusão</b>	alto	baixo	muito alto	de baixo a alto
<b>Condutividade elétrica</b>	alta quando fundidas ou em soluções aquosas	quase nula	quase nula (exceto a grafita)	alta
<b>Solubilidade em água dos compostos sólidos</b>	em geral, são solúveis	moléculas polares geralmente são solúveis	insolúveis	insolúveis

## SOLUBILIDADE DOS SAIS EM ÁGUA

Substância	Regra geral	Exceção
Nitratos ⇒ NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Solúveis	
Acetatos ⇒ CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Solúveis	Ag <sup>+</sup> (*)
Cloretos ⇒ Cl <sup>-</sup> Brometos ⇒ Br <sup>-</sup> Iodetos ⇒ I <sup>-</sup>	Solúveis	Ag <sup>+</sup> , Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> e Pb <sup>2+</sup>
Fluoretos ⇒ F <sup>-</sup>	Insolúveis	Ag <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e alcalinos
Hidróxidos ⇒ OH <sup>-</sup>	Insolúveis	Alcalinos, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Ca <sup>2+</sup> (*), Sr <sup>2+</sup> (*) e Ba <sup>2+</sup> (*)
Sulfetos ⇒ S <sup>2-</sup>	Insolúveis	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , alcalinos e alcalinoterrosos(*)
Sulfatos ⇒ SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Solúveis	Ca <sup>2+</sup> (*), Sr <sup>2+</sup> (*), Ba <sup>2+</sup> (*), Pb <sup>2+</sup> , Ag <sup>+</sup> (*) e Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>
Fosfatos ⇒ PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Carbonatos ⇒ CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Sulfitos ⇒ SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Oxalatos ⇒ C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Insolúveis	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> e alcalinos
Compostos de alcalinos Compostos de amônio	Solúveis	KC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>

(\*) = 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

## ESCALA DE ELETRONEGATIVIDADE

F 4,0 O 3,5 N 3,0 C 2,5 Br 2,8 I 2,5 S 2,5 C 2,5 Au 2,4 Se 2,4 Pt 2,2 Ru 2,2 Rh 2,2 Pd 2,2 At 2,2 Os 2,2 Ir 2,2 P 2,1 H 2,1 Te 2,1 As 2,0 B 2,0 Po 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	1 saturada → an	hidrocarbonetos → o
2 C → et	12 C → dodec	2 insaturadas entre carbonos:	álcoois → ol
3 C → prop	13 C → tridec		éter → ílico (usual)
4 C → but	15 C → pentadec	1 dupla → en	aldeído → al
5 C → pent	20 C → icos	2 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 <b>cloreto</b>	$HCl$ → ácido <b>clorídrico</b>

Oxiácidos:

A) Quando o elemento forma um único oxiácido:

ácido (nome do ânion menos -ato) + ico	
$CO_3^{2-}$ → ânion <b>carbonato</b>	$H_2CO_3$ → ácido <b>carbônico</b>

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 <b>perclorato</b>	$HClO_4$ → ácido <b>perclórico</b>
quando o NOx for igual a +6 ou +5	ácido (nome do ânion menos -ato) + ico
$CrO_4^{2-}$ → ânion <b>clorato</b>	$H_2CrO_4$ → ácido <b>clórico</b> (NOx = +5)
$SO_4^{2-}$ → ânion <b>sulfato</b>	$H_2SO_4$ → ácido <b>sulfúrico</b> (NOx = +6)
quando o NOx for igual a +4 ou +3	ácido (nome do ânion menos -ito) + oso
$ClO_2^-$ → ânion <b>clorito</b>	$HClO_2$ → ácido <b>cloroso</b> (NOx = +3)
$SO_3^{2-}$ → ânion <b>sulfito</b>	$H_2SO_3$ → ácido <b>sulfuroso</b> (NOx = +4)
quando o NOx for igual a +1	ácido hipo (nome do ânion menos -ito) + oso
$ClO^-$ → ânion <b>hipoclorito</b>	$HClO$ → ácido <b>hipocloroso</b>

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 ferro	Essa notação é útil quando se quer especificar o estado de oxidação do elemento.
$Fe_2O_3$ → trióxido de ferro	$Fe_2O_3$ → 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	
$Mg(ClO_4)_2$ → 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 hidroxi ao nome do sal normal, acrescido dos prefixos mono, di e tri.	
$Cu_2(OH)_3Cl$ → tri-hidroxiclreto de cobre (II)	

Sais duplos e triplos

Em geral, os cátions são colocados da esquerda para a direita, em ordem decrescente de eletronegatividade.	
$KNaSO_4$ → sulfato (duplo) de potássio e sódio	
$PbClF$ → cloreto-fluoreto de chumbo (II)	
$Cs_2CuPb(NO_3)_6$ → nitrato (triplo) de césio, 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	$H_2S$ $CS_2$ $CaSe$
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)	$H_2O_2$ $Na_2O_2$
	-1/2	Em superóxidos (compostos binários)	$CaO_4$ $Na_2O_4$
	-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°	$H-C-Cl$ $HC\ell$
3	Linear		180°	$O=C=O$ $CO_2$
3	Angular (com presença de elétrons não ligantes no átomo central)		variável	$H-O-H$ $104^\circ 28'$ $H_2O$
4	Trigonal plana		120°	$H-C-H$ $120^\circ$ $HCHO$
4	Piramidal (com presença de um par de elétrons não ligantes no átomo central)		variável	$H-N-H$ $107^\circ$ $NH_3$
5	Tetraédrica		109°28'	$H-C-H$ $109^\circ 28'$ $CH_4$
6	Bipirâmide trigonal		120° e 90°	$Cl-P-Cl$ $PCl_5$
7	Octaédrica		90°	$F-S-F$ $90^\circ$ $SF_6$
8	Bipirâmide pentagonal		72° e 90°	$F-I-F$ $IF_7$
Geometria		Condição: ligantes ao átomo central		Polaridade
Linear, trigonal plana, tetraédrica e bipiramidal		Iguais		Apolares
Angular e piramidal		Diferentes		Polar
		Iguais ou diferentes		Polar

NOx	Ânion	Nome
Halogênios		
-1	$F^-$	fluoreto
-1	$Cl^-$	cloreto
-1	$Br^-$	brometo
-1	$I^-$	iodeto
+1	$C/O^-$	hipoclorito
+3	$C/O_2^-$	clorito
+5	$C/O_3^-$	clorato
+7	$C/O_4^-$	perclorato
+1	$Br/O^-$	hibobromito
+5	$Br/O_3^-$	bromato
+1	$I/O^-$	hipoiodito
+5	$I/O_3^-$	iodato
+7	$I/O_4^-$	periodato

Nitrogênio		
+3	$NO_2^-$	nitrito
+5	$NO_3^-$	nitrato

Carbono		
+2	$CN^-$	cianeto
+4	$CNO^-$	cianato
+4	$CNO_2^-$	tiocianato
-3 e +3	$H_3CCOO^-$	acetato
+4	$CO_3^{2-}$	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	$CrO_4^{2-}$	romato
+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	$SiO_3^{2-}$	metassilicato
+6	$SiO_4^{2-}$	(orto)silicato
+2	$SnO_2^{2-}$	estanita
+4	$SnO_3^{2-}$	estanoato
+2	$PbO_2^{2-}$	plumbito
+4	$PbO_3^{2-}$	plumbato
+3	$AsO_3^-$	arsenito
+5	$AsO_4^{3-}$	arseniato
+3	$SbO_3^-$	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)
$Cr^{2+}$	cromo (II)
$Cr^{3+}$	cromo (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