

## 1

# A natureza elétrica da matéria

## 1.1 Cargas elétricas, atração e repulsão

Ao atritarmos um bastão de vidro em um tecido de lã, o vidro passa a ser portador de **carga elétrica positiva** (por uma convenção) e a lã, portadora de **carga elétrica negativa** (também por uma convenção).

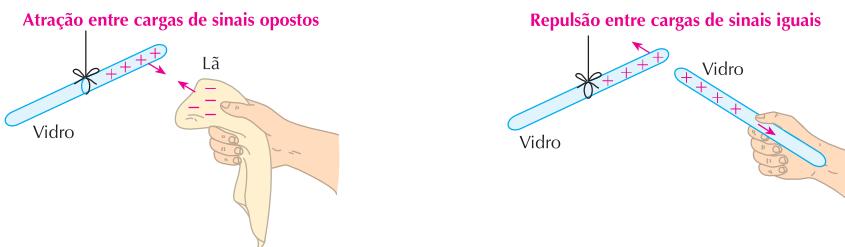
ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO



Muitos materiais, quando atritados em outros, ficam eletrizados, ou seja, adquirem carga elétrica. Por meio de experiências envolvendo corpos eletrizados, os cientistas concluíram que **cargas elétricas de sinais diferentes se atraem e cargas elétricas de sinais iguais se repelem**.

Essas conclusões estão de acordo com o fato de a lã e o vidro, eletrizados com cargas de diferentes sinais, se atraírem, e os dois bastões de vidro, eletrizados com cargas de mesmo sinal, se repelirem.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO



Então, como os materiais participam de fenômenos elétricos, deduz-se que eles devem possuir natureza elétrica. Mas o modelo de Dalton, estudado no capítulo anterior, não leva em conta os fenômenos elétricos.

Devido a evidências obtidas em experiências como a que descrevemos e em outras mais complexas, surgiu, no final do século XIX e início do século XX, a necessidade de um modelo atômico mais adequado, que levasse em conta a **natureza elétrica da matéria**.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

## 1.2 Descargas elétricas em gases a baixa pressão

Gases, de modo geral, não conduzem corrente elétrica quando à pressão ambiente. No entanto, na segunda metade do século XIX, os trabalhos de Heinrich Geissler, Johann Hittorf e William Crookes mostraram experimentalmente que, quando submetidos a baixas pressões, os gases podem tornar-se condutores elétricos.

Para chegar a essa conclusão, eles utilizaram o chamado **tubo de raios catódicos**, isto é, uma ampola de vidro ligada a uma bomba de vácuo que visa diminuir a pressão interna. Nas duas pontas do tubo há extremidades metálicas (chamadas de **eletrodos**) ligadas a uma bateria. Quando a pressão interna chega a cerca de um décimo da pressão ambiente, observa-se que o gás entre os eletrodos passa a emitir uma luminosidade. Quando a pressão diminui ainda mais (cerca de cem mil vezes menor que a pressão ambiente), a luminosidade desaparece, restando apenas uma mancha luminosa atrás do polo positivo.

Os cientistas atribuíram essa mancha a raios (de natureza desconhecida, naquela época) que seriam provenientes do polo negativo, chamado de **cátodo**. Esses raios foram denominados **raios catódicos**.

ILUSTRAÇÕES: ADILSON SECCO



▲ Esquemas de tubos de raios catódicos. (Cores fantásticas.)

### 1.3 Descoberta do elétron e do próton

O cientista inglês Joseph John Thomson, elaborando melhor as experiências feitas com o tubo de raios catódicos, foi capaz de concluir, em 1897, que os raios catódicos são, na verdade, constituídos pelo fluxo de partículas menores que o átomo e dotadas de carga elétrica negativa. Estava descoberta a partícula que chamamos de **elétron**.

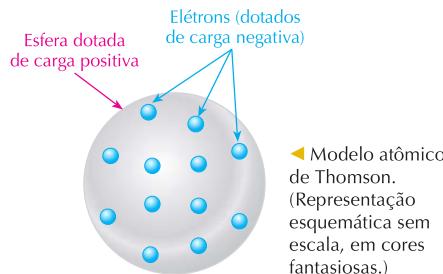
Essa descoberta indicava que um átomo não é indivisível como imaginavam os filósofos gregos ou como sugeria o modelo de Dalton.

Havia a necessidade de um novo modelo, e foi J. J. Thomson quem o propôs. O átomo, segundo ele, deveria ser formado por uma esfera de carga elétrica positiva, possuindo elétrons anexos. Assim, a carga elétrica total de um átomo seria nula, pois a carga negativa dos elétrons compensaria a carga positiva da esfera que os contém. Esse modelo é conhecido como “modelo do pudim de passas”.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



► Joseph John Thomson (1856-1940), Prêmio Nobel em 1906. Quadro de Arthur Hacker, da década de 1900. Laboratório Cavendish, Cambridge, Inglaterra.



ADILSON SECCO

Outras modificações no tubo de raios catódicos, feitas pelo cientista alemão Eugene Goldstein, conduziram à descoberta de outra partícula subatômica, 1.836 vezes mais pesada que o elétron e dotada de carga elétrica igual à dele, mas com sinal positivo. Para essa nova partícula foi proposto o nome **próton**.

Assim, ao final do século XIX, com a descoberta do próton e do elétron, já estava comprovado que o átomo não é indivisível e que mesmo o modelo de Thomson era incompleto, uma vez que não levava em conta a existência dos prótons. Um novo modelo se fazia necessário.

## 2 Modelo atômico de Rutherford

### 2.1 Experiência sobre a dispersão de partículas alfa

Ernest Rutherford, cientista nascido na Nova Zelândia, realizou em 1911 um experimento que conseguiu descartar de vez o modelo atômico de esfera rígida.

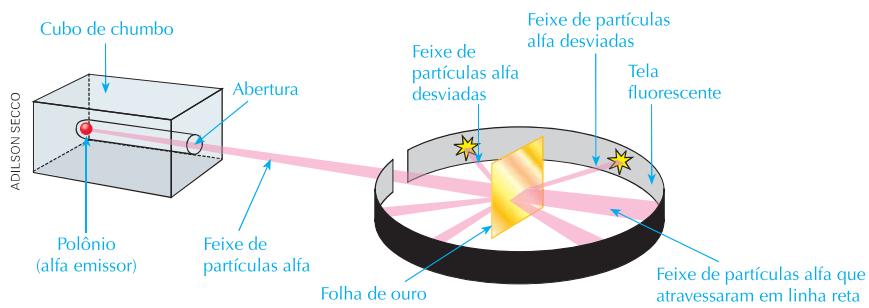
O raciocínio de Rutherford foi relativamente simples. Imagine que alguém atirasse com uma metralhadora em um caixote de madeira fechado cujo conteúdo fosse desconhecido. Se as balas ricocheteassem, não atravessando o caixote, concluiríamos que dentro dele deveria haver algum material como concreto ou ferro maciço. Mas, se as balas o atravessassem, chegaríamos à conclusão de que ele estaria vazio ou então de que conteria materiais menos densos, como algodão, serragem ou similares.

Porém, se parte das balas passasse e parte ricocheteasse, concluiríamos que materiais dos dois tipos estariam presentes dentro do caixote. Quanto mais balas o atravessassem, menos material muito denso deveria existir em seu interior.

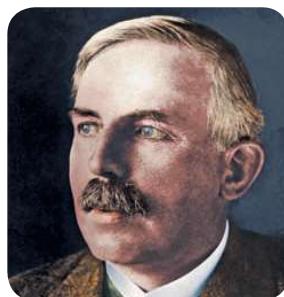
É óbvio que para descobrir o que há dentro de um caixote seria mais sensato abri-lo e olhar seu interior em vez de atirar nele. Por sua vez, com o átomo não acontece o mesmo, já que não é possível enxergá-lo ou manipulá-lo individualmente como fazemos com objetos macroscópicos. Nesse caso, faz sentido “atirar” nele para tentar descobrir algo sobre sua estrutura interna.

Rutherford atirou numa finíssima folha de ouro, cuja espessura se estima em torno de trezentos ou trezentos e cinquenta átomos. Esses átomos enfileirados correspondem a cerca de 0,00001 cm! A “metralhadora” usada por ele lançava pequenas partículas portadoras de carga elétrica positiva, chamadas de **partículas alfa**.

Para saber se essas “balas” atravessavam em linha reta ou eram desviadas, ele usou uma tela feita com um material apropriado (fluorescente) que emite uma luminosidade instantânea quando atingida por uma partícula alfa.



▲ Esquematização do experimento feito por Rutherford, em cores fantasiadas.



▲ Ernest Rutherford (1871-1937), Prêmio Nobel em 1908. Foto colorizada de 1915.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

**A experiência mostrou que a grande maioria das partículas alfa atravessava a folha em linha reta. Apenas algumas poucas eram desviadas de sua trajetória.** Assim, os átomos não poderiam ser maciços, pois, se fossem, as partículas alfa não conseguiram atravessá-los.

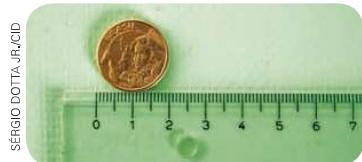
O experimento permitiu a Rutherford concluir que:

- o átomo não é maciço, apresentando mais espaço vazio do que preenchido;
- a maior parte da massa do átomo se encontra em uma pequena região central (que chamaremos de **núcleo**) dotada de carga positiva, onde estão os prótons (as partículas alfa — de carga positiva — que chegasse próximo ao núcleo — também positivo — eram **desviadas pela repulsão elétrica**);
- na região ao redor do núcleo (que chamaremos de **eletrosfera**) estão os elétrons, muito mais leves (1.836 vezes) que os prótons;
- a contagem do número de partículas que atravessavam e que eram desviadas, repelidas pela carga positiva do núcleo, permitiu fazer uma estimativa de que o raio de um átomo de ouro (núcleo e eletrosfera) é cerca de dez mil a cem mil vezes maior que o raio do núcleo.



SAN ROSTRO/AGE/KEYSTOCK

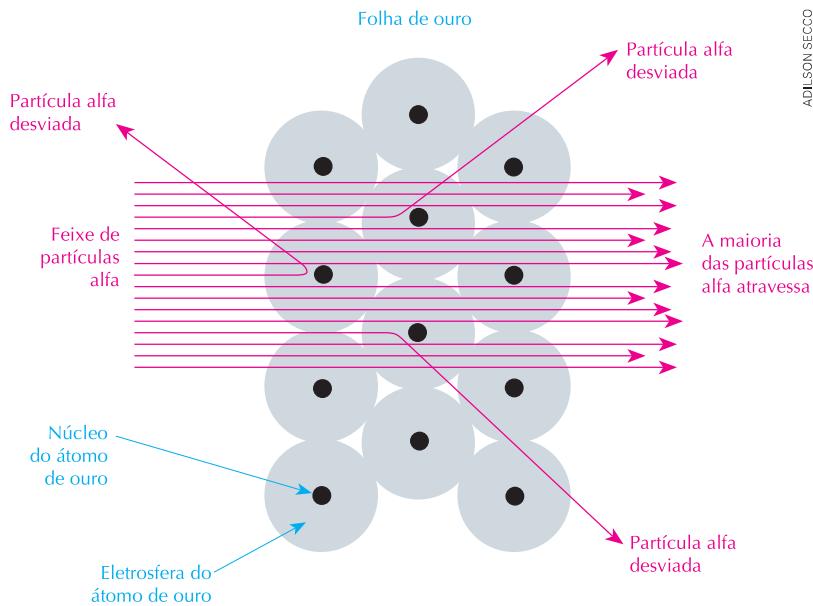
▲ Os metais podem ser transformados, por martelamento, em finíssimas folhas. O ouro é o metal que permite obter as folhas mais finas, como a que foi usada por Rutherford em seu experimento. Na foto, uma folha de ouro.



SÉRGIO DOTTI JR./CID

▲ Os átomos em geral apresentam um raio de dez mil a cem mil vezes maior que seus núcleos. Assim, se o núcleo de um átomo fosse do mesmo diâmetro dessa moeda, os elétrons mais afastados poderiam estar desde cerca de 200 m até 2 km de distância!

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



▲ Representação esquemática da folha de ouro durante a experiência de Rutherford. Algumas partículas alfa são desviadas por repulsão elétrica do núcleo. Porém, a grande maioria atravessa a folha em linha reta, evidenciando que os átomos **não** são maciços. (Representação esquemática sem escala, em cores fantasiosas.)

## Exercícios essenciais

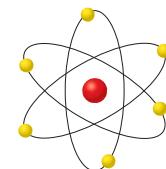


A critério do(a) professor(a) esta lista de exercícios poderá ser realizada em classe ou em casa.

1. (PUC-RS) O átomo, na visão de Thomson, é constituído de
  - a) níveis e subníveis de energia.
  - b) cargas positivas e negativas.
  - c) núcleo e eletrosfera.
  - d) grandes espaços vazios.
  - e) orbitais.
  
2. Próton e elétron possuem:
  - a) massas iguais e cargas elétricas de mesmo sinal.
  - b) massas diferentes e cargas elétricas de mesmo sinal.
  - c) massas diferentes e cargas elétricas de sinais opostos.
  - d) massas iguais e cargas elétricas de sinais opostos.
  
3. (UCB-DF) Rutherford, ao fazer incidir partículas radioativas em lâmina metálica de ouro, observou que a maioria das partículas atravessava a lâmina, algumas desviavam e poucas refletiam. Escolha, dentre as afirmações a seguir, aquela que não reflete as conclusões de Rutherford sobre o átomo.
  - a) Os átomos são esferas maciças e indestrutíveis.
  - b) No átomo há grandes espaços vazios.
  - c) No centro do átomo existe um núcleo pequeno e denso.
  - d) O núcleo do átomo tem carga positiva.
  - e) Os elétrons giram ao redor do núcleo para equilibrar a carga positiva.
  
4. (UEMG) O modelo de átomo conhecido como **modelo de Rutherford** foi idealizado a partir de experiências realizadas em 1909. Várias conclusões foram tiradas a partir dessas experiências, EXCETO:
  - a) O átomo apresenta, predominantemente, espaços vazios.
  - b) O núcleo é a região mais densa do átomo.
  - c) O núcleo atômico apresenta carga elétrica positiva.
  - d) O núcleo é praticamente do tamanho do átomo todo.

- 5.** (ESPM-SP) O átomo de Rutherford (1911) foi comparado ao sistema planetário. Eletrosfera é a região do átomo que:

- contém as partículas de carga elétrica negativa.
- contém as partículas de carga elétrica positiva.
- contém nêutrons.
- concentra praticamente toda a massa do átomo.
- contém prótons e nêutrons.



ADILSON SECCO

(Representação esquemática sem escala, em cores fantasiadas.)

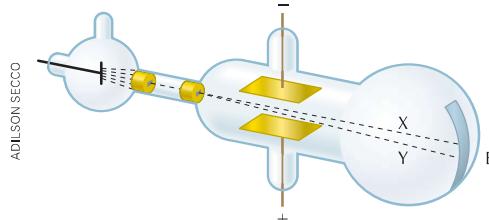
## Exercícios adicionais



Resolva em seu caderno

Seu (sua) professor(a) indicará o melhor momento para realizar os exercícios deste bloco.

- 6.** (UFMG) No fim do século XIX, Thomson realizou experimentos em tubos de vidro que continham gás 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

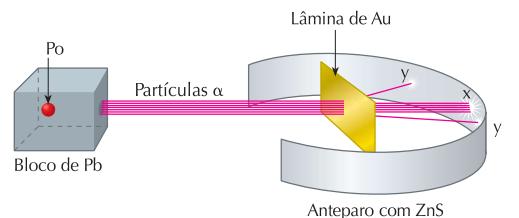
- a razão entre a carga e a massa dos raios catódicos era independente da natureza do metal constituinte do cátodo ou do gás existente no tubo; e
  - os raios catódicos, ao passarem entre duas placas carregadas com cargas de sinal contrário, se desviavam na direção da placa positiva. (Na figura, esse desvio é representado pela linha tracejada Y.)
- Considerando-se essas observações, é **CORRETO** afirmar que os raios catódicos são constituídos de:
- elétrons.
  - prótons.
  - ânions.
  - cátions.

- 7.** (UFRGS-RS) O modelo atômico que suscitou a ideia de átomo com estrutura elétrica foi o:
- de Dalton.
  - do átomo planetário de Rutherford.
  - de Bohr.
  - da mecânica ondulatória.
  - de Thomson.

- 8.** (Fuvest-SP) 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:

- o átomo ser indivisível.
- a existência de partículas subatômicas.
- os elétrons ocuparem níveis discretos de energia.
- os elétrons girarem em órbitas circulares ao redor do núcleo.
- o átomo possuir um núcleo com carga positiva e uma eletrosfera.

- 9.** (UFSC) Rutherford bombardeou uma fina lâmina de ouro (0,0001 mm de espessura) com partículas “alfa”, emitidas pelo Polônio (Po) contido no interior de um bloco de chumbo (Pb) provido de uma abertura estreita para dar passagem às partículas  $\alpha$  por ele emitidas. Envolvendo a lâmina de ouro (Au), foi colocada uma tela protetora revestida de sulfeto de zinco.



Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Observando as cintilações na tela revestida de sulfeto de zinco, Rutherford verificou que muitas partículas  $\alpha$  atravessavam a lâmina de ouro sem sofrerem desvio (x), e que poucas partículas  $\alpha$  sofriam desvio (y).

Indique a(s) proposição(ões) **CORRETA(S)**.

- Partículas  $\alpha$  possuem carga elétrica negativa.
- O tamanho do átomo é cerca de 10.000 a 100.000 vezes maior que o seu núcleo.
- Partículas  $\alpha$  sofrem desvio ao colidirem com o núcleo dos átomos de Au.
- Partículas  $\alpha$  sofrem desvio ao colidirem com elétrons nas eletrosferas dos átomos de Au.

- 10.** (PUC-SP) O raio do núcleo é menor que o raio do próprio átomo aproximadamente:
- $10^2$  vezes.
  - $10^4$  vezes.
  - $10^8$  vezes.
  - $10^{10}$  vezes.
  - $10^{23}$  vezes.