

# Mergulhando no núcleo do átomo



Outro dia, Maristela chegou atrasada ao trabalho. Também, não é para menos: estudar de noite e trabalhar de dia não é nada fácil! Ela estava muito cansada e, para piorar as coisas, o despertador quebrou: simplesmente parou de funcionar, e ela continuou dormindo. Acontece!

Quando finalmente acordou, Maristela pegou o despertador e olhou bem para ele. Não sabia o que tinha acontecido e, além disso, não entendia nada sobre o seu funcionamento. Mas, muito curiosa, resolveu investigar...

– Vou tentar abrir este despertador. Quem sabe eu consigo arrumá-lo! Assim não preciso levá-lo para consertar, e ainda faço um pouco de economia!

Maristela ficou surpresa ao verificar que no despertador não havia nenhum parafuso!

– Se eu não abrir o despertador, como vou poder estudá-lo e tentar compreender o seu funcionamento? O que vou fazer?

Maristela ficou furiosa!

– Estou com vontade de atirar esta "coisa" na parede! Assim eu poderia ver o que tem lá dentro! Mas acho que ele nunca mais iria funcionar... – concluiu, desanimada.

Se atirasse o relógio contra a parede com muita força, para que ele se dividisse em muitos pedacinhos, Maristela iria pelo menos saber o que havia dentro dele. É claro que essa não é uma maneira muito esperta de estudar o funcionamento e os componentes de um relógio, mas pode ser uma excelente idéia para estudar a matéria! Você vai descobrir por quê.

## Mergulhando mais fundo na matéria

No início deste século, o modelo adotado para descrever o átomo era o de **Rutherford-Bohr**, que estudamos na aula passada. Muitos cientistas trabalhavam nesse campo, o da **física atômica**. Eles sabiam que alguns materiais emitem **radiação** e algumas formas diferentes de radiação já haviam sido observadas – inicialmente por **Wilhelm Röntgen** (raios X, que estudaremos mais adiante), em 1895, depois por **Henri Becquerel** e por **Marie Curie** (raios alfa), em 1896.



Uma dessas formas de radiação são as partículas **alfa**, de que falamos na aula passada. Você deve lembrar que as alfas foram usadas por Rutherford para investigar a estrutura do átomo. Mais tarde elas também foram usadas para investigar o próprio **núcleo atômico**. As alfas são partículas com carga positiva, e hoje nós sabemos que cada alfa é igual ao núcleo do átomo de **hélio** – um elemento químico que possui dois prótons no núcleo, isto é,  $Z=2$ . Portanto, uma partícula alfa é um átomo de hélio, mas sem os elétrons.

Quando investigamos o núcleo atômico, mergulhamos mais fundo na matéria e entramos no campo da **física nuclear**.

Juntamente com Rutherford, um cientista que contribuiu muito para a física nuclear foi **James Chadwick**. Em 1932, ele bombardeou o elemento **berílio** com partículas alfa e observou um tipo de radiação capaz de atravessar camadas muito grossas de matéria. Concluiu que essa radiação era formada por partículas diferentes das alfas, por duas razões: não tinham carga elétrica (eram neutras) e eram mais leves (tinham massa quase igual à do **próton**).

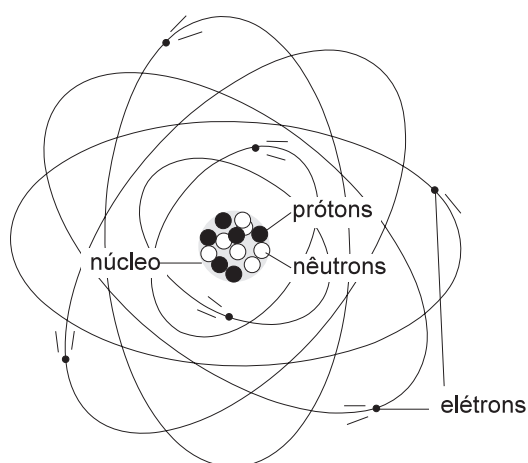


Figura 1. Esquema do átomo com prótons, nêutrons e elétrons

Por ser neutra, a nova partícula foi chamada de **nêutron**. Chadwick concluiu que os **nêutrons** vinham de dentro do **núcleo**, onde estavam junto com os **prótons**. Prótons e nêutrons compõem o **núcleo do átomo**, como mostra a Figura 1. É claro que nesta figura o núcleo aparece bem maior do que realmente é: para as órbitas que foram desenhadas, o núcleo seria invisível.

### Como o núcleo se mantém unido?

Devido à força elétrica repulsiva, os prótons deveriam se afastar uns dos outros. Os nêutrons não possuem carga elétrica, logo não interagem por meio da força elétrica. Então, **como é que todas essas partículas se mantêm unidas, formando o núcleo?**

Se não é a força elétrica que as mantém juntas, você pode imaginar que talvez isso ocorra por causa da atração gravitacional. Vamos ver. Na Aula 37 você teve oportunidade de calcular a intensidade da força elétrica e da força gravitacional entre um próton e um elétron. Deve lembrar que a força gravitacional é muito menor que a força elétrica. Portanto, podemos concluir que também não é a força gravitacional o que mantém as partículas nucleares unidas!

Para explicar a existência do núcleo atômico foi necessário imaginar a existência de um novo tipo de força: a **força nuclear**. A idéia é que entre duas partículas nucleares existe uma **força muito intensa** – muito mais intensa que a força gravitacional e que a força elétrica – que é responsável pela união dos prótons e nêutrons no núcleo.

No quadro abaixo relacionamos as forças fundamentais que você já conhece, e indicamos também entre que tipos de partículas elas existem:

TIPO DE FORÇA	ENTRE...	INTENSIDADE	ATRATIVA OU REPULSIVA?
gravitacional	massas	muito fraca	sempre atrativa
elétrica	partículas com carga elétrica	fraca	atrativa ou repulsiva
nuclear	partículas nucleares	forte	sempre atrativa

### Mas nem todos os núcleos permanecem unidos...

Na aula passada falamos na **radioatividade**. Esse fenômeno é conhecido desde o final do século passado e é caracterizado pela emissão de radiação. Naquela época, eram conhecidas três formas de radiação: os raios **alfa**, **beta** e **gama**. As alfa você já conhece. As betas são partículas bem mais leves do que as alfas, iguais aos elétrons que existem ao redor do núcleo. As betas, porém, são produzidas em reações que ocorrem no interior do núcleo atômico. A radiação gama é semelhante à luz.

Mais tarde descobriu-se que existem dois tipos de betas: as negativas, como os elétrons, e as positivas, chamadas também de **pósitrons**, que são semelhantes aos elétrons, sendo também produzidas em reações nucleares, mas possuem carga elétrica positiva.

Observe o quadro abaixo:

PARTÍCULA	SÍMBOLO	O QUE É?	CARGA ELÉTRICA
alfa	$\alpha$	2 prótons + 2 nêutrons	positiva
beta <sup>+</sup>	$\beta^+$	pósitron	positiva
beta <sup>-</sup>	$\beta^-$	elétron	negativa

Você deve ter observado, pela tabela acima, que essas partículas **possuem carga elétrica**. Essa característica da radiação torna-a muito perigosa. Vamos entender por que estudando o processo de emissão de partículas.

Nem todos os elementos químicos são radioativos. O hidrogênio, o nitrogênio, o oxigênio – a maioria dos elementos – são estáveis e não emitem nenhum tipo de radiação. Mas alguns elementos são instáveis e emitem partículas.

Ao emitir radiação, o núcleo de um elemento químico radioativo perde partes de si. Veja o seguinte exemplo: no núcleo do elemento urânio existem 92 prótons, portanto  $Z = 92$ . O que ocorre quando ele emite uma partícula alfa, formada por dois prótons e dois nêutrons? Observe o esquema:



Você já sabe que cada elemento químico é caracterizado pelo seu número atômico, **Z**. Ao emitir a alfa, o núcleo de urânio perde dois prótons e dois nêutrons, transformando-se em outro elemento químico, que tem  $Z = 90$  e se chamado tório.

E o que acontece com a alfa que foi emitida? Ela caminha solta pelo espaço até encontrar matéria, onde é absorvida. O problema é quando essa alfa encontra, por exemplo, o nosso corpo...

As partículas saem do núcleo radioativo com bastante energia cinética. Ao penetrar na matéria, elas transferem energia aos átomos e moléculas que encontram, até perder toda a sua energia e parar.

Se essa matéria for o corpo humano podem ocorrer lesões, leves ou mais graves, dependendo da energia das partículas. Essas lesões podem ocorrer na pele ou em órgãos internos do corpo: com grande energia, a radiação é capaz de destruir as moléculas que compõem esses órgãos.

O principal problema da radiação formada por partículas carregadas é o fato de que elas podem arrancar elétrons dos átomos que constituem o meio por onde passam. Quando o átomo perde elétrons, deixa de ser neutro: ele se transforma num **íon**. Esse fenômeno é conhecido como **ionização**.

Apesar de todos os efeitos negativos da radiação, ela tem também aspectos muito positivos. Usada controladamente, pode ajudar no combate de doenças. É o caso da radioterapia aplicada ao tratamento de câncer.

Nas usinas nucleares, esses elementos radioativos são de grande utilidade. O núcleo de certos elementos, como o urânio, sofre uma divisão, chamada de **fissão nuclear**. Nesse processo, o núcleo libera uma enorme quantidade de energia que, por vir do núcleo, se chama energia nuclear.

Essa energia pode ser transformada em outras formas de energia - térmica e elétrica - úteis ao homem. A energia nuclear produzida de forma controlada nas usinas nucleares também pode ser gerada sem controle por **bombas nucleares**, as armas mais destrutivas já inventadas pela humanidade.

A energia do Sol, que permite a vida na Terra, tem sua origem nas **reações nucleares** que ocorrem no interior do Sol: vários prótons se fundem para formar um núcleo de hélio e liberam grandes quantidades de energia nesse processo, que se chama de **fusão nuclear**.

Além da energia que vem do Sol, a Terra é bombardeada continuamente por partículas de alta energia vindas do espaço interestelar. São os **raios cósmicos**, formados principalmente por prótons. Os raios cósmicos penetram na atmosfera terrestre, onde colidem com átomos dos vários gases que compõem a atmosfera. Essa colisão provoca reações nucleares, a partir das quais são criadas várias partículas subnucleares.

Em 1947, o físico brasileiro César Lattes participou da descoberta de uma nova partícula na radiação cósmica, chamada de **píon**. Essa partícula é mais leve que o próton e o nêutron, porém mais pesada do que o elétron. Além do píon, outras partículas foram descobertas nos raios cósmicos, como os **múons**.

### E o que mais?

Você deve ter notado o caminho seguido pela ciência: primeiro acreditava-se que o átomo era indivisível. Então descobriu-se que ele tem um núcleo e os elétrons. Depois descobriu-se que também o núcleo tem uma estrutura, sendo formado por prótons e nêutrons.

A pergunta mais natural agora seria: **serão os prótons e nêutrons indivisíveis**? Ou eles também têm uma estrutura? Existirão outras partículas ainda menores formando prótons e nêutrons? É esse conhecimento que os chamados **físicos de partículas** vêm perseguindo desde a segunda metade do século: eles buscam conhecer a estrutura das partículas subnucleares!

A situação deles é parecida com a de Maristela às voltas com o despertador: como fazer para saber o que há lá dentro, se não é possível “abrir e olhar”?

A idéia que os físicos tiveram foi “atirar as partículas contra a parede”! Rutherford fez algo semelhante para estudar o átomo, ao atirar partículas alfa sobre uma fina placa de ouro. Ocorre que, para “quebrar” as partículas nucleares, é preciso muita, muita energia: é preciso atirá-las com muita força contra um alvo!

As partículas dos raios cósmicos têm muita energia e foram utilizadas para descobrir novas partículas. Mas, à medida que o conhecimento foi avançando, tornou-se necessário atingir energias ainda maiores. Então, a partir de 1960, começaram a ser construídos os chamados **aceleradores de partículas**: equipamentos supersofisticados que foram construídos graças a grandes avanços tecnológicos, como os equipamentos eletrônicos e digitais, a obtenção de superfícies metálicas superlimpas e lisas, medidores de correntes e de voltagens de alta precisão, amplificadores, osciloscópios e outros, além dos já citados na aula anterior.

Esses equipamentos produzem campos elétricos intensos, que fornecem uma grande quantidade de energia cinética às partículas carregadas eletricamente; assim, elas são aceleradas a grandes velocidades. Essas partículas colidem com átomos e da colisão surgem novas partículas que são estudadas.

Tais estudos mostram que os prótons, os nêutrons e os píons têm uma estrutura: são formados por partículas ainda menores, chamadas de **partículas elementares**. As partículas elementares recebem esse nome porque se acredita que elas sejam os menores componentes da matéria. Portanto, não seriam formadas por outras partículas menores. Daí vem o nome elementar.

Quais são as partículas elementares que conhecemos hoje? Para não complicar muito a história, vamos conhecer apenas dois tipos.

Uma partícula elementar é o elétron. Até hoje acredita-se que o elétron é indivisível.

A outra partícula elementar tem um nome estranho: **quark**. Existem seis tipos de quarks, mas por ora só nos interessam aqueles que formam os prótons e os nêutrons. São dois tipos, que também têm nomes estranhos: **up** (que vem do inglês e significa “para cima”) e **down** (que significa “para baixo”). No próton existem dois quarks up e um quark down. No nêutron existem um quark up e dois quarks down, como mostra a figura abaixo:

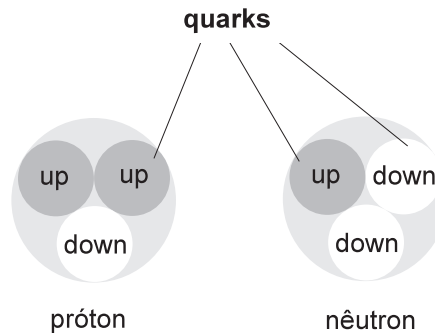


Figura 2. Esquema do próton e do nêutron com os quarks

Alguns homens continuam a investigar a natureza, tentando desvendar ainda mais os seus mistérios. À medida que aumenta o nosso conhecimento sobre a natureza, aprendemos novas formas de estudá-la: novas e mais sofisticadas técnicas experimentais. Utilizando esses métodos mais poderosos para estudar a natureza, podemos aprofundar ainda mais o nosso conhecimento. Muitas vezes descobrimos novos fenômenos que não eram observados antes; para explicar esses novos fenômenos, somos incentivados a criar novos modelos teóricos. Testando esses novos modelos, aprofundamos nosso conhecimento e nossa capacidade de investigar a natureza... e assim continua! O processo segue em frente. Até quando? Não sabemos, e não sabemos sequer se um dia ele irá terminar...

Nesta aula você aprendeu que:

- o núcleo do átomo é formado por dois tipos de partículas: os **prótons** e os **nêutrons**;
- existe uma força que mantém prótons e nêutrons, unidos formando o núcleo: a **força nuclear**. Ela é muito mais intensa que a força elétrica e que a força gravitacional;
- os átomos são eletricamente **neutros** (carga elétrica total é zero) e a maioria deles é **estável**;
- os átomos de alguns elementos químicos emitem partículas e se transformam em átomos de outros elementos químicos: esse fenômeno é conhecido como **radioatividade**;
- existem várias formas de radiação, entre elas as partículas alfa, beta e os raios gama;
- a radiação pode ser prejudicial à saúde, causando queimaduras e lesões, destruindo moléculas do nosso organismo, mas também pode ser usada no tratamento de doenças;
- quando os núcleos se dividem, liberam grandes quantidades de energia. Esse processo é chamado de **fissão nuclear** e a energia liberada por ele é a **energia nuclear**, que pode ser transformada em outras formas de energia úteis ao homem;
- a energia proveniente do Sol também é de origem nuclear: ela é gerada pelo processo de **fusão nuclear**;
- os **raios cósmicos** são formados por partículas de alta energia, vindas do espaço interestelar, que bombardeiam continuamente a Terra;
- prótons, nêutrons e píons são formados por outras partículas ainda menores: os **quarks**. Os **quarks** e os **elétrons** são **partículas elementares**, isto é, os cientistas acreditam que estes sejam os menores componentes do universo.





### Exercício 1

Complete:

O núcleo atômico é formado por dois tipos de partículas: **(a)** ....., que têm carga elétrica de valor igual à do elétron, mas de sinal **(b)** ....., e **(c)** ....., que tem massa igual à anterior, mas são eletricamente **(d)** ..... Entre essas partículas age a força **(e)** ....., muito mais intensa do que as outras forças fundamentais que conhecemos, que são a força **(f)** ..... e a força **(g)** ..... A força nuclear age em pequenas distâncias, dentro do núcleo, e não faz efeito em distâncias maiores.

### Exercício 2

Complete:

Existem outras partículas que interagem por meio da força nuclear, como os píons. O físico brasileiro **(a)** ..... participou da sua descoberta em 1947. A massa dos píons é cerca de um sétimo da massa dos prótons.

### Exercício 3

Complete:

Existem núcleos radioativos que emitem partículas espontaneamente. É o caso do urânio, que tem 92 **(a)** ..... no núcleo. Ao emitir uma partícula alfa, que possui dois **(b)** ..... e dois **(c)** ....., o urânio se transforma em outro elemento químico, que tem apenas **(d)** ..... prótons no núcleo e se chama tório.

### Exercício 4

Complete:

Os raios cósmicos são partículas de alta **(a)** ..... que incidem sobre a Terra vindas do espaço. Quando penetram na atmosfera, provocam reações nucleares em que são produzidas outras partículas, como os **(b)** .....

### Exercício 5

Complete:

Hoje sabemos que os prótons e nêutrons, são compostos por "partículas elementares", isto é, que não podem mais ser subdivididas. Essas partículas se chamam **(a)** ..... Os prótons e nêutrons são formados por **(b)** ..... quarks cada.

### Exercício 6

Complete:

As grandes energias devidas à força nuclear aparecem no processo de **(a)** ..... nuclear. Ele ocorre quando um núcleo pesado, como o do urânio, se divide em vários núcleos mais leves, e no processo de **(b)** ..... nuclear que ocorre no interior de estrelas, como o Sol, quando vários núcleos leves se unem para formar núcleos mais pesados.