

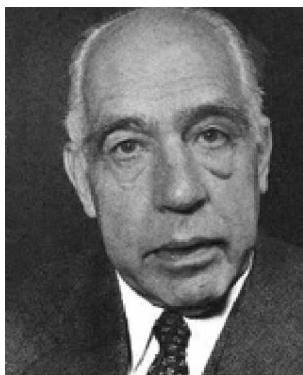
A Estrutura Atômica: o átomo "antigo" e o átomo "moderno"

A física que ocorre no interior da matéria, na região que designamos como nível microscópico ou nível atômico, é muito diferente daquela que estamos acostumados a ver no nosso mundo macroscópico, aquele cujas escalas vão do milímetro aos milhares e milhares de quilômetros. Os fenômenos que ocorrem no interior da matéria ou seja, no interior dos átomos, têm aspectos muitíssimo particulares, característicos e algumas vezes surpreendentes.

Os blocos construtores básicos da matéria "normal", aquela que vemos espalhada por todo o Universo, são os *átomos*. Ao se reunirem, os átomos formam o que chamamos de *moléculas*.

Entretanto, veremos mais tarde que, embora a matéria "normal" seja composta de átomos e moléculas, a maioria da matéria que existe no Universo não se apresenta desta forma. Ao invés disso, a maior parte da matéria no Universo está presente na forma de *plasma*.

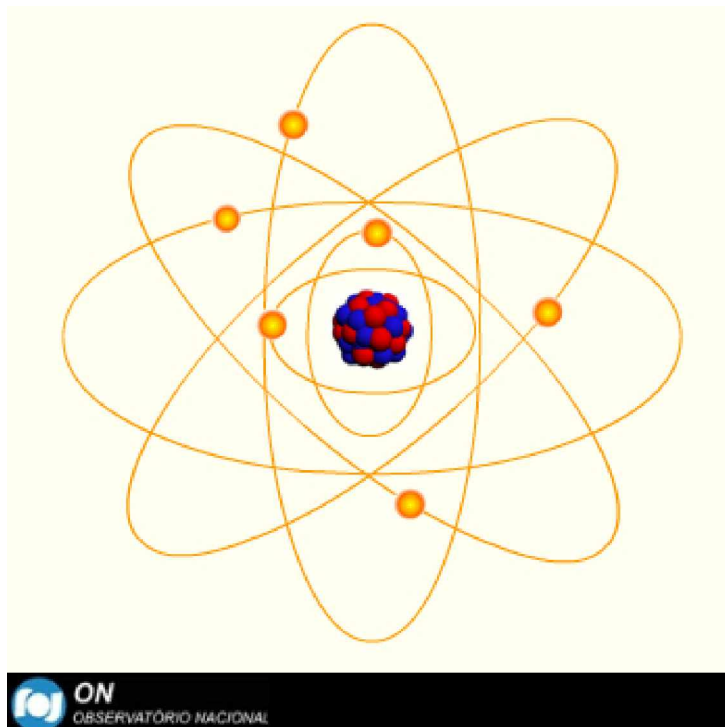
O modelo de Bohr para o átomo



Em nossa discussão das propriedades mais importantes da estrutura atômica e molecular empregaremos um modelo muito simplificado para descrever o átomo, proposto em 1915 pelo prêmio Nobel dinamarquês Niels Bohr. Este modelo é chamado de "átomo planetário" ou "modelo de Bohr".

O modelo do átomo proposto por Bohr não é inteiramente correto nem representa a visão atual que os físicos possuem sobre o interior da matéria. No entanto, ele tem vários aspectos que são aproximadamente corretos, é mais fácil de ser entendido e é plenamente satisfatório para uma grande parte da nossa discussão.

No modelo atômico proposto por Bohr partículas chamadas nêutrons e prótons ocupam uma região central, densa, do átomo chamada núcleo atômico. Em torno deste núcleo outras partículas, os elétrons, descrevem órbitas. A atração elétrica entre os prótons e os elétrons é um dos processos que dá estabilidade ao átomo, mantendo-o unido.



Esta descrição se assemelha, em alguns aspectos, àquela que fazemos do nosso Sistema Solar, onde os planetas estão em órbita em torno do Sol. No entanto, fazer uma analogia sem restrições entre o Sistema Solar e o átomo de Bohr não é correto uma vez que os planetas estão em órbitas que, aproximadamente, permanecem confinadas a um plano enquanto que, no caso de um átomo, as órbitas dos elétrons não estão confinadas a nenhum plano. Há um outro aspecto, muito mais complexo, que anula completamente a analogia entre o Sistema Solar e o átomo de Bohr. Veremos mais tarde que os elétrons possuem restrições muito maiores do que aquelas aplicadas aos planetas do Sistema Solar no que diz respeito às suas possíveis órbitas em torno de um objeto central, o núcleo atômico no caso do átomo. Trataremos este aspecto mais tarde, quando falarmos sobre a chamada "quantização dos níveis de energia".

O tamanho típico de um núcleo atômico é 10^{-13} centímetros com os elétrons descrevendo órbitas a uma distância (raio) de, aproximadamente, 10^{-8} centímetros = 1 Ångstrom (1 Å). Isto quer dizer que o raio do núcleo é cerca de 100000 vezes menor do que o raio do átomo inteiro. Este dado é importante para que você tenha a noção correta de como a matéria é "vazia".

Outro ponto importante é que para o estudo do interior da matéria consideraremos que é válido o princípio de que as partículas de um determinado tipo são indistinguíveis. Com isto queremos dizer que um elétron é sempre igual a outro elétron. Não existem elétrons gordos ou magros, novos ou velhos. Até onde sabemos, podemos considerar o elétron como uma partícula puntiforme, sem extensão espacial, e cujas propriedades intrínsecas são as mesmas para todos eles, independentemente da situação física.

constituintes do átomo		símbolo	carga	valor da carga	massa	equivalência entre massas	massa aproximada
elétron		e^-	-1	$1,6022 \times 10^{-19}$ Coulombs	$9,1093897 \times 10^{-31}$ kg	----	$9,11 \times 10^{-31}$ kg
núcleo	próton	p^+	+1	igual à do elétron	$1,6726230 \times 10^{-27}$ kg	~1836 vezes a massa do elétron	$1,67 \times 10^{-27}$ kg
	nêutron	n	0	----	$1,6749286 \times 10^{-27}$ kg	aproximadamente igual à do próton	$1,68 \times 10^{-27}$ kg

Vemos pela tabela acima que a maior parte da massa dos átomos reside nos prótons e nêutrons que ocupam a região central mais densa chamada *núcleo atômico* ou, simplesmente, *núcleo*.

Se os átomos são formados por partículas positivas (prótons) e negativas (elétrons) qual é a sua carga total? Os átomos têm carga positiva ou negativa? Na verdade os átomos são eletricamente neutros por que o número de elétrons, carregados negativamente, que ele possui é exatamente igual ao número de prótons, carregados positivamente.

E quanto aos nêutrons? Qual é a "missão" deles em um átomo? Experimentalmente verifica-se que o número de nêutrons é, aproximadamente, igual ao número de prótons nos núcleos leves estáveis. No entanto, o número de nêutrons cresce rapidamente e é cerca de 2 vezes o número de prótons nos núcleos estáveis mais pesados. É esse maior número de nêutrons que dá estabilidade ao núcleo do átomo. Veremos mais tarde que átomos pesados cujos núcleos são ricos em nêutrons é que serão os responsáveis pela ocorrência de processos nucleares no interior das estrelas.

Os isótopos de um elemento

O número de prótons que participam do núcleo de um determinado átomo é chamado de número atômico e é representado pela letra Z. Como sabemos que os átomos não possuem carga elétrica resultante, o número de prótons no núcleo tem que ser igual ao número de elétrons que estão em órbita em torno deste núcleo. Daí, podemos dizer que o número atômico nos dá o número de prótons no núcleo de um determinado átomo ou o número de elétrons nas respectivas órbitas em torno desse núcleo.

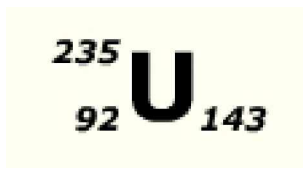
O número total de prótons e nêutrons que formam um determinado núcleo atômico é chamado de número de massa do átomo e é representado pela letra A. Representando com a letra N o número de nêutrons, temos que o número de massa é dado por

$$A = Z + N$$

Chamamos de isótopo de um elemento aquele cujos átomos têm o mesmo número de prótons, e consequentemente o mesmo número de elétrons, que o elemento original mas um número diferente de nêutrons.

Assim, os isótopos de um elemento têm o mesmo número atômico mas diferem em seus números de massa. Um mesmo elemento químico pode ter vários isótopos, todos eles diferindo apenas no número de nêutrons que constituem seus respectivos núcleos.

Uma notação compacta para isótopos de um elemento é ilustrada abaixo:



onde "235" é o número de massa, "92" é o número atômico e "143" é o número de nêutrons do elemento químico.

O hidrogênio, o elemento químico que existe em maior quantidade no Universo, possui isótopos com nomes característicos:

elemento	isótopos	
${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$

O símbolo ${}^1_1\text{H}$ representa o hidrogênio enquanto que os outros dois símbolos representam seus isótopos.

O isótopo de massa 2 do hidrogênio, ${}^2_1\text{H}$, é chamado de deutério ou hidrogênio pesado enquanto que

o isótopo de massa 3, ${}^3_1\text{H}$, é chamado de trítio ou trício. Observe que o núcleo do hidrogênio é formado

por um próton apenas, o núcleo do deutério é formado por um próton e um nêutron e o do trítio inclui um próton e dois nêutrons.

O estudo dos isótopos dos elementos químicos é importante para a astrofísica. Os processos nucleares que ocorrem no interior de uma estrela produzem muitos isótopos seja por processos de enriquecimento dos núcleos dos átomos a partir da colisão com nêutrons ou então por processos de decaimento de átomos pesados.

A necessidade de um novo modelo para o átomo

Os cientistas que estudavam a estrutura do átomo no início do século XX descobriram algo muito interessante. As regras estabelecidas pelo físico inglês Isaac Newton, e que eram capazes de descrever o comportamento dos corpos macroscópicos, não funcionavam na escala atômica. A mecânica Newtoniana não pode corretamente descrever o comportamento de prótons, nêutrons, elétrons ou átomos.

Niels Bohr, Max Planck, Wolfgang Pauli, Louis de Broglie, Erwin Schrödinger, Werner Heisenberg e outros grandes cientistas daquela época começaram a desenvolver um novo conjunto de "leis" físicas que se aplicavam, bastante bem, ao mundo microscópico dos átomos. Esta nova teoria foi chamada de "Mecânica Quântica".

Hoje, os físicos acreditam que a teoria correta que descreve o átomo se baseia na mecânica quântica, uma teoria matematicamente sofisticada e que apresenta uma descrição muito mais precisa do átomo do que o modelo proposto por Bohr. O modelo do átomo de Bohr é apenas uma aproximação à descrição feita pela mecânica quântica, mas com a virtude de ser muito mais simples.