

## Uma nova descrição da matéria: a mecânica quântica

A estrutura de um átomo é muito mais complicada do que mostramos até agora. Como já dissemos anteriormente, o modelo atômico de Bohr é apenas uma aproximação. Na verdade não temos, no interior da matéria, esse "aspecto planetário" descrito pelo modelo de Bohr. As partículas atômicas seguem regras bastante particulares, muito diferentes daquelas a que estamos acostumados ao estudarmos o nosso Universo macroscópico.

No interior da matéria acontecem fenômenos que, vistos sob o ponto de vista da física clássica, poderiam sugerir "ficção científica". Quando foi que você viu um carro, um ônibus, ou mesmo uma pessoa atravessar uma parede sem destruí-la? Nunca, e jamais verá um fenômeno como esse porque ele é proibido pelas leis da física clássica. A isto damos o nome de barreira de potencial e dizemos que corpos macroscópicos não podem penetrar em uma barreira de potencial. No entanto o domínio da física atômica e nuclear é tão emocionante que fenômenos como este são permitidos. E pior, acontecem! As partículas que formam os átomos, chamadas de partículas elementares, podem ultrapassar estas barreiras de potencial, podem "sumir" de um lugar e "aparecer" em outro. Essas partículas elementares também podem, espontaneamente, se transformar em outras partículas. Isto jamais acontece no nosso mundo macroscópico, algo como se, de repente, um pão se transformasse em um biscoito, um bolo e um doce!

O que acontece no nosso mundo diário, no domínio da física clássica, quando dois carros colidem? Ficamos com dois carros amassados e um grande prejuízo. No ambiente atômico, novas partículas, inteiramente diferentes, podem ser criadas a partir da colisão de duas ou mais partículas. É algo como se dois carros colidissem e o resultado fosse um ônibus, um trem e uma bicicleta, algo impossível de ser imaginado no nosso mundo macroscópico.

Estes fenômenos atômicos, por mais incríveis que pareçam, ocorrem nos laboratórios e a física clássica, aquela descoberta por Isaac Newton e que já havia demonstrado grande poder na solução dos problemas do Universo em grande escala, mostrou-se inpotente perante eles. Para descrever, explicar e analisar os fenômenos que ocorriam no interior da matéria foi preciso criar a mecânica quântica, uma sofisticada teoria física que permite aos cientistas estudar o interior dos átomos.

### As Regras da Mecânica Quântica

Não é trivial apresentar os princípios da mecânica quântica sem que surja uma avalanche de dúvidas. Suas regras são sofisticadas e muitas vezes surpreendentes. No entanto, por mais estranhas que pareçam, elas funcionam muito bem e suas previsões são facilmente demonstradas nos laboratórios.

Não nos aprofundaremos nos princípios da mecânica quântica. Ao invés disso somente apresentaremos algumas noções bem fundamentais que serão úteis mais tarde. Estas são algumas regras da Mecânica Quântica:

- várias características físicas que ocorrem no nível atômico são *quantizadas*. Isto significa que elas podem ter somente certos valores bem determinados, que chamamos de valores discretos. Por exemplo, as energias disponíveis para um átomo são limitadas a valores bem específicos.

Para simplificar, vamos pensar de novo no modelo de Bohr para o átomo. As regras da mecânica quântica dizem que os elétrons só têm permissão para percorrerem certas órbitas muito bem determinadas. Assim, em um átomo de hidrogênio, o elétron no estado de energia mais baixa percorre uma órbita com um raio de cerca de 0,5 Å. A próxima órbita permitida, ou seja energia permitida, para o elétron tem um raio de cerca de 2 Å, e assim por diante. A mecânica quântica nos assegura que, neste caso do átomo de hidrogênio, ou o elétron está na órbita de 0,5 Å ou está na órbita de 2 Å, etc. Ele nunca será encontrado em uma órbita entre estes valores. Órbitas ou energias intermediárias, aquelas que poderiam estar situadas entre esses valores, não são permitidas de modo algum!

- em um determinado instante, duas ou mais partículas *absolutamente idênticas* não podem ocupar um mesmo estado particular de energia ou seja, o mesmo nível de energia de um átomo. Partículas que ocupam um mesmo estado de energia em um átomo *têm que diferir por alguma propriedade intrínseca*. De modo algum elas podem ser totalmente idênticas. Isto é chamado de "Princípio de Exclusão de Pauli", em homenagem ao físico alemão Wolfgang Pauli que o descobriu. Por exemplo, se voltarmos a usar o modelo de Bohr para representar o átomo, na primeira órbita atômica permitida, aquela de energia mais baixa, somente podemos encontrar dois elétrons. Os dois são elétrons mas eles diferem pelo fato de que um deles estará "girando" na direção dos ponteiros do relógio e o outro estará "girando" na direção contrária aos ponteiros de um relógio. Mas cuidado com esta analogia pois ela não é correta. Na verdade o elétron não é uma "bolinha" que gira em torno do seu eixo. A mecânica quântica nos mostra que o elétron possui certas propriedades que, matematicamente, nos levam a pensar em rotação. No entanto, a "rotação" do elétron é muito mais complicada do que a rotação de uma bolinha, como o modelo de Bohr nos leva a imaginar.



- a luz, os prótons, os elétrons e outras partículas exibem tanto comportamentos de uma onda como de uma partícula. Por exemplo, em alguns fenômenos o fóton (nome dado à partícula de "luz") se comporta como uma onda e obedece às leis da óptica física enquanto que em outras experiências o seu comportamento é o de uma partícula obedecendo às conhecidas regras de colisões entre partículas. Como o fóton decide se vai se comportar como uma onda ou uma partícula é um dos mistérios ainda não resolvido pela física quântica. A este comportamento esquizofrênico da matéria, sendo às vezes onda e às vezes partícula, damos o nome de "Dualidade Onda-Partícula".
- os fenômenos que ocorrem no interior da matéria são de natureza *probabilística* ao invés de *determinística*. Isto significa que, mesmo sabendo tudo sobre um átomo não podemos prever exatamente o que ele vai fazer a seguir. As leis da física atômica somente podem apresentar "probabilidades" para comportamentos específicos das partículas que formam a matéria. Este comportamento é totalmente diferente daquele que estamos acostumados no mundo macroscópico.

#### A Tabela Periódica e a Mecânica Quântica



O que descrevemos acima como sendo as regras da mecânica quântica pode parecer estranho mas é assim que a matéria se comporta.

A física moderna é realmente surpreendente. A mecânica quântica, com suas estranhas quantizações e regras de exclusão, consegue explicar bastante bem os fenômenos que ocorrem nos átomos. Muitos resultados de observações e experiências envolvendo o interior da matéria, que até então eram inexplicáveis, foram compreendidos com o auxílio da mecânica quântica. Por exemplo, somente após a quantização dos níveis de energia atômica e o aparecimento do Princípio de Exclusão de Pauli é que conseguimos explicar o porque da existência da chamada Tabela Periódica dos elementos químicos.

A tabela periódica dos elementos químicos está mostrada abaixo.

Ela resume as propriedades e a distribuição dos elementos químicos existentes na natureza e foi obtida pelo químico russo Dimitri Ivanovich Mendeleev. Sem o auxílio da mecânica quântica é impossível saber porque os elementos se distribuem dessa maneira.

As fotos abaixo mostram Mendeleev ainda jovem e suas primeiras anotações sobre a tabela periódica, feitas em 17 de fevereiro de 1869.

