

A matéria é composta de átomos

R. P. Feynman, R. B. Leighton & M. Sands ¹

Se, em algum cataclismo, todo o conhecimento científico fosse destruído e apenas uma sentença devesse ser passada adiante para as próximas gerações, que enunciado conteria mais informações em menos palavras? Acredito que seja a *hipótese atômica* (ou o *fato atômico*, ou como quiser chamá-lo) de que *todas as coisas compõem-se de átomos – pequenas partículas que se deslocam em movimento perpétuo, atraindo uma às outras quando estão a certa distância, mas repelindo-se quando comprimidas umas contras as outras*. Nessa única sentença, você verá, existe uma enorme quantidade de informação sobre o mundo, bastando que apliquemos um pouco de imaginação e raciocínio.

Para ilustrar o poder da idéia atômica, suponhamos que temos uma gota d'água com 0,6mm de lado. Se a olharmos bem de perto, veremos apenas água – água homogênea, contínua. Mesmo que a ampliemos com o melhor microscópio óptico disponível – quase duas mil vezes –, a gota d'água terá cerca de 12m de lado, quase tão grande como um salão, e se olhássemos bem de perto, ainda veríamos água relativamente homogênea – mas aqui e ali pequenas criaturas em forma elípticas nadando para lá e para cá. Muito interessante. Esses são os **paramécios**. Nesse ponto, você poderá ficar tão curioso com os paramécios, com seus cílios serpeantes e corpos retorcidos, que nem prosseguirá, exceto talvez para ampliar ainda mais o paramécio e olhá-lo por dentro. Esse é um objetivo para a **Biologia**, mas no momento vamos em frente e examinemos ainda mais detidamente o próprio material aquático, ampliando-o outras duas mil vezes. Agora, a gota d'água se estende cerca de 24km e, vista bem de perto, revela uma espécie de aglomeração, algo que já não tem uma aparência homogênea – um pouco semelhante a uma multidão, em um jogo de futebol, vista a grande distância. Pra ver em que consiste essa aglomeração, ampliemos a gota outras 250 vezes e veremos algo semelhante ao que mostra a figura 1.

Este é um retrato da água ampliada um bilhão de vezes, mas idealizada de várias formas. Em primeiro lugar, as partículas estão desenhadas de maneira simples com contornos nítidos, o que não é correto. Segundo, para fins de simplicidade, estão esboçadas quase esquematicamente em um arranjo bidimensional, embora se movam no espaço de três dimensões. Observe que há dois tipos de “bolhas” ou círculos para representar os átomos de oxigênio (pretos) e hidrogênios (brancos), e que cada oxigênio possui dois hidrogênios ligados a ele. (Cada pequeno grupo de um oxigênio com seus dois hidrogênios denomina-se **molécula**.) O quadro é ainda mais idealizado pelo fato de que as partículas reais na natureza estão continuamente zigzagueando e saltando, girando e serpenteando ao redor umas das outras. Você terá que imaginá-lo como um quadro dinâmico, e não estático. Outra coisa difícil de ser ilustrada em um desenho é que as partículas estão “agarradas umas às outras” – de que se atraem mutuamente, esta atraída por aquela etc. O grupo todo está “colado”, por assim dizer. Por outro lado, as partículas não se comprimem entre si. Se você tentar comprimir duas delas perto demais, elas se repelirão.

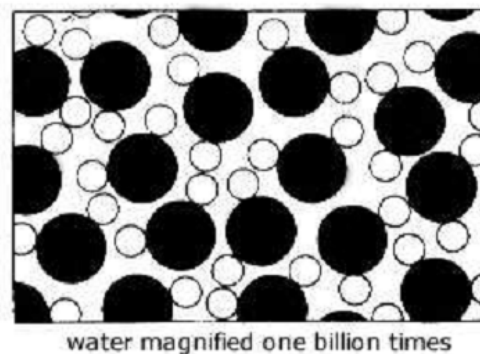


Figura 1: Água ampliada um bilhão de vezes.

Os átomos têm 1 ou 2×10^{-8} cm de raio. Ora, 10^{-8} cm denomina-se um angström ($1 \text{ \AA}$), de modo que podemos dizer que têm 1 ou $2 \text{ \AA}$ de raio. Outra forma de lembrar seu tamanho é esta: se uma

¹ *The Feynman Lectures on Physics*, Vol. I, Addison-Wesley Pub. Co., 1965.

maçã for ampliada até o tamanho da Terra, os átomos da maçã terão aproximadamente o tamanho da maçã original.

Agora imagine essa grande gota d'água com todas essas partículas ziguezagueantes agarradas e seguindo de perto uma às outras. A água mantém seu volume; ela não se desintegra, devido à atração das moléculas entre si. Se a gota estiver em um declive, onde pode se mover de um lugar para outro, a água fluirá, mas não desaparecerá – as coisas não se desfazem simplesmente – devido à atração molecular. Ora, o movimento ziguezagueante é o que chamamos de **movimento térmico**: quando aumentamos a **temperatura**, aumentamos esse movimento. Se aquecermos a água, o ziguezague aumentará e o volume entre os átomos também, e, se o aquecimento prosseguir, chegará um momento em que a atração entre as moléculas não será suficiente para mantê-las coesas e elas se afastarão, ficando separadas umas das outras. Claro está que é assim que produzimos **vapor** a partir da água – aumentando a temperatura; as partículas se afastam devido ao aumento do movimento térmico.

Na figura 2, temos um quadro do vapor d'água que, no entanto, tem várias incorreções. À pressão atmosférica normal, haveria apenas poucas moléculas em um quarto inteiro e, certamente, não chegaria a haver três nessa figura. A maioria dos quadros desse tamanho não conteria nenhuma – mas propositadamente (melhor do que um quadro totalmente em branco) temos duas e meia ou três nesse quadro. No caso do vapor, vemos as moléculas características mais claramente do que no caso da água. Para fins de simplicidade, as moléculas estão desenhadas de modo que haja um ângulo de 120° entre elas. Na verdade, o ângulo é de $105^\circ 3'$, e a distância entre o centro de um hidrogênio e o centro do oxigênio é de $0,957\text{\AA}$.

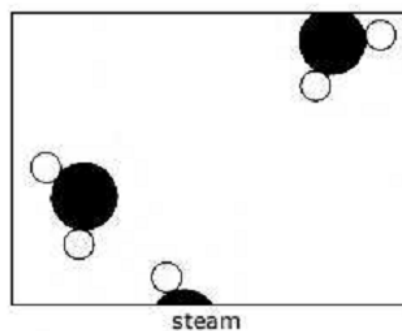


Figura 2: Vapor d'água.

Vejamos algumas das propriedades do vapor d'água ou de qualquer outro **gás**. As moléculas, estando separadas entre si, saltarão contra as paredes que as contém. Imagine um quarto com um grande número bolas de tênis (umas cem) saltando para lá e para cá em movimento perpétuo. Ao bombardearem a parede, esta é empurrada. (É claro que teríamos que empurrar a parede de volta ao lugar.) Isto significa que o gás exerce uma força nervosa que nossos sentidos grosseiros (já que não fomos ampliados um bilhão de vezes) sentem apenas como um empurrão comum. Para confinar um gás, temos de aplicar uma **pressão**.

A figura 3 mostra um recipiente convencional para conter gases, um cilindro com um pistão. Não faz nenhuma diferença quais são os formatos das moléculas de água; para simplificar, as desenharemos como bolas de tênis ou pontinhos. Essas coisas estão em perpétuo movimento em todas as direções. Tantas delas atingem o pistão de cima o tempo todo que, para evitar que seja pouco a pouco arrancado do tanque por essas constantes pancadas, teremos que segurar o pistão com certa força, que denominamos pressão (na verdade, a pressão vezes a área é a força). Claramente, a força é proporcional à área, pois, se aumentarmos a área mas mantivermos o mesmo número de moléculas por centímetro cúbico, aumentaremos o número de colisões com o pistão na mesma proporção do aumento da área.

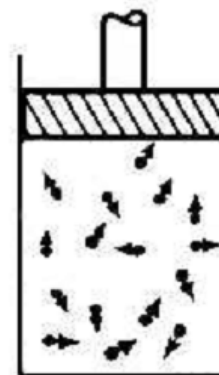


Figura 3: Gás em um cilindro com pistão.

Agora ponhamos o dobro de moléculas no tanque para dobrar a **densidade**, e deixemos que tenham a mesma velocidade, ou seja, a mesma temperatura. Então, com uma grande aproximação, o número de colisões terá dobrado e, como cada uma será tão “*vigorosa*” como antes, a pressão

será proporcional à densidade. Se considerarmos a verdadeira natureza das forças entre os átomos, seria de esperar uma ligeira diminuição na pressão devido ao volume finito que ocupam. Não obstante, com uma excelente aproximação, se a densidade for suficientemente baixa para que não haja muitos átomos, *a pressão é proporcional à densidade*.

Podemos ver também outra coisa. Se aumentarmos a temperatura sem alterar a densidade do gás, ou seja, se aumentarmos a velocidade dos átomos, o que acontecerá com a pressão? Bem, os átomos colidirão com mais força por estarem se movendo com mais rapidez e, além disso, colidirão com mais frequência, de modo que a pressão aumentará. Veja como são simples as idéas da teoria atômica.

Consideremos outra situação. Suponhamos que o pistão se mova para dentro, de modo que os átomos sejam lentamente comprimidos em um espaço menor. O que acontece quando um átomo atinge o pistão em movimento? Evidentemente, ganha velocidade com a colisão. Se você acertar uma bola de pingue-pongue com uma raquete, por exemplo, constatará que ela se afastará com mais velocidade do que antes de bater na raquete. (Exemplo especial: se um átomo estiver por acaso parado e o pistão o atingir, certamente se moverá.) Assim, os átomos estão “*mais quentes*” quando se afastam do pistão do que antes de atingi-lo. Portanto, todos os átomos que estão no recipiente terão ganho velocidade. Isto significa que, *quando comprimimos um gás lentamente, a temperatura aumenta*. Assim, *sob compressão lenta, a temperatura de um gás aumenta*, e *sob expansão lenta a temperatura de um gás diminui*.