

Centro de Divulgação Científica e Cultural

O mistério do desaparecimento do calor

Uma das habilidades humanas mais primitivas é a capacidade de dizer que um objeto está quente, tocando-o. A sensação de "quente" se deve ao conteúdo de energia chamado calor "sensível".

O calor sensível tem muito a ver com o clima - por exemplo, o calor da Corrente do Golfo (região da Flórida, EUA) aquece as Ilhas Britânicas. Mas há uma forma mais sutil de calor, descoberta recentemente que também tem papel importante no clima. Nós não podemos detectá-lo pelo toque mas há evidência da sua existência ao nosso redor.

A fusão do gelo, por exemplo, absorve uma grande quantidade de calor sem qualquer aumento da temperatura. A evaporação da água absorve ainda mais calor sem mudança de temperatura. E o calor necessário para evaporar uma certa quantidade de água é cerca de *sete* vezes o calor necessário para aquecê-la da temperatura ambiente até o ponto de ebulição! Quando o processo é invertido e a água congela ou o vapor condensa, este calor "latente" retorna para o ambiente. O calor latente estocado no gelo é transportado pelo vapor d'água para a atmosfera e tem forte efeito sobre o clima.

Inicialmente os cientistas não conseguiam lidar com o conceito de calor latente que parece sumir e reaparecer mais tarde, de alguma forma. Para piorar as coisas, não era bem compreendida a distinção entre calor (energia associada ao movimento molecular) e temperatura (o grau de calor ou frio) e os instrumentos de medida disponíveis eram pouco elaborados e pouco precisos. Finalmente, num momento de brilhante intuição científica, o comportamento bizarro do calor latente foi esclarecido no século XVIII por um modesto cientista escocês chamado Josehp Black, que percebeu uma verdade profunda oculta em observações pouco compreendidas e pouco divulgadas - que desafiavam mesmo o senso comum.

O cão que não ladra

A atenção de Black voltou-se para o intrigante calor latente devido à observação da água super-resfriada feita pelo físico Gabriel Daniel Fahrenheit (autor da escala de temperatura que leva este nome). Este último relatou o conhecido fato da água poder ficar "super-resfriada" ou seja, a uma temperatura abaixo do seu ponto de congelamento, sem transformar-se em gelo. Entretanto, quando agitada, a água super-resfriada solidifica instantaneamente e a temperatura sobe até o ponto de congelamento.

Nós vemos este processo na chuva de pedra, quando pequenas gotas de água se tornam super-resfriadas ao entrarem numa zona de ar próxima à superfície da terra, com temperatura abaixo do ponto de congelamento. Quando as gotas se chocam contra os obstáculos como as árvores, a água super-resfriada congela imediatamente, formando gelo opaco e quebradiço.

Black pensou no experimento de Fahrenheit e nas suas próprias observações da fusão lenta do gelo. Com base nisto tudo ele concluiu que uma grande quantidade de calor é absorvida durante a fusão do gelo e uma quantidade equivalente é liberada na solidificação da água. Partindo deste ponto ele concluiu que deve existir uma forma de calor que desaparece e reaparece misteriosamente quando a água muda de fase.

Black baseou seu raciocínio em parte no fato algo esperado não acontecer. (Sherlock Holmes usou lógica semelhante para resolver um caso intrigante observando que um cão presente na cena do crime não latiu.) Na época de Black, a opinião científica predominante era que se você aquecesse gelo muito frio até o seu ponto de fusão e então fornecesse uma pequena quantidade de calor adicional, o gelo fundiria. Black provou experimentalmente que esta hipótese não é correta mostrando que um depósito com gelo a 0°C é aquecido até a temperatura ambiente de modo muito mais lento do que um depósito com água a 0°C. Mesmo antes destes experimentos ele usou a ausência de efeito esperado, "o cão que não latiu" para argumentar sobre este caso nas suas anotações:

"Se a mudança completa de [gelo e neve] em água requeresse apenas a adição de uma quantidade muito pequena de calor, a massa, embora de tamanho considerável, deveria fundir em poucos minutos ou segundos... Se fosse realmente assim, a consequência... em muitos casos seria desastrosa pois mesmo considerando o modo como as coisas são realmente e que a fusão de grandes quantidades de gelo e de neve causam torrentes violentas, grandes inundações nos países frios ou alimentam rios. Mas se o gelo e a neve fundissem ... subitamente ... as torrentes seriam incomparavelmente... mais desastrosas."

Felizmente o calor latente descoberto por Black permite um efeito tampão que retarda a fusão do gelo e da neve. Isto nos protege de grandes desastres naturais. Imagine, por exemplo, as consequências catastróficas se todo o gelo do Ártico ou da Antártica fundisse subitamente num dia mais quente de verão!

Tendo estabelecido a existência do calor latente na fusão do gelo, Black voltou-se para a vaporização da água e descreveu o processo numa conferência antes de demonstrá-lo experimentalmente. Por analogia com a fusão do gelo, ele raciocinou que "o efeito do calor ... consiste, não no aquecimento da vizinhança dos corpos, mas no fato do gelo tornar-se fluido; então no caso da ebulição o calor absorvido não aquece os corpos vizinhos mas converte água em vapor."

Novamente, Black usou a expressão "o latido do cão" e argumentou: se uma pequena quantidade de calor adicionada à água em ebulição a convertesse completamente em vapor, a água vaporizaria instantaneamente e explodiria com a violência da pólvora. Como isto não ocorre ele concluiu que uma grande quantidade de calor deve ser fornecida para a água fervendo passar para a fase de vapor embora não haja mudança na temperatura. O calor extra é necessário para quebrar a coesão entre as moléculas da água e, em menor proporção, expandir o vapor contra a pressão atmosférica.

O conceito de calor latente foi essencial para o desenvolvimento completo da máquina a vapor. Já existiam máquinas grosseiras mas elas foram melhoradas radicalmente por James Watt. Watt conhecia Black, compreendia suas idéias e deu-lhe muito valor pelas suas atividades científicas que mostraram que havia cerca de sete vezes mais energia no vapor à temperatura de ebulição do que na mesma massa de água líquida à mesma temperatura. Este novo conceito científico proporcionou grande avanço

no uso prático da energia do vapor, transformando a rotina dos habitantes das nações industrializadas.

Alguns dos experimentos de Black com vapor de água foram relacionados com a destilação que era uma arte tradicional na cultura escocesa. Além disso, Black advertiu as destilarias que, para a obtenção de aquecimento uniforme do líquido, seria preciso calcular o seu calor latente de vaporização. Mais tarde seria reconhecido que o conceito de calor latente se aplica não somente à vaporização no ponto de ebulição mas também na evaporação e condensação da água na atmosfera.

O calor latente de vaporização afeta a meteorologia - tanto o clima no dia a dia como no longo prazo. Além disso, um pouco mais da metade da energia solar absorvida na superfície da terra é rapidamente transformada em calor latente para converter água em vapor. O calor reaparece quando o vapor condensa para formar nuvens e chove. A energia solar absorvida na região equatorial produz vapor d'água rico em energia que é transportado para as regiões temperadas pela circulação atmosférica global. O calor liberado como vapor condensa suaviza os contrastes climáticos extremos entre diferentes latitudes.

Calor latente também é liberado durante o desenvolvimento de uma tempestade, conforme o ar sobe no centro das nuvens pesadas ou cúmulus, e faz condensar o vapor d'água. A quantidade de calor liberado pode ser enorme. Por exemplo, se uma tempestade deposita 1 centímetro de chuva num raio de 2 quilômetros quadrados, o calor latente total liberado é aproximadamente igual à energia liberada por uma bomba atômica como a usada em Hiroshima. Felizmente, a energia da chuva é usada para renovar a terra e não para destruí-la.

*Richard Williams, Princeton, NJ, EUA. Reproduzido da revista Weatherwise.
Tradução de Regina H. Porto Francisco.*