

ENTROPIA

Com a evolução da termodinâmica, os físicos introduziram uma variável macroscópica que descrevia uma propriedade fenomenológica da matéria, a qual, foi chamada de **entropia**. A entropia é uma medida quantitativa da desorganização de um sistema físico. O conceito de entropia é bastante importante para a compreensão da relação do micromundo das partículas, com o mundo de nossas experiências macroscópicas.

Um fato percebido por todos nós, é a dificuldade que encontramos em manter as coisas limpas e organizadas. A nossa frustração não é acidental, mas sim consequência de uma das leis fundamentais da termodinâmica, que assegura que a entropia, ou a desordem de um sistema fechado, sempre aumenta. É necessário que se entenda o significado de desordem, não como comumente a percebemos no nosso dia-a-dia, mas no sentido termodinâmico que é o utilizado neste texto. Para melhor compreensão do leitor, imaginemos um baralho de cartas, e o consideremos um sistema termodinâmico. Em um baralho, as cartas estão ordenadas em naipes, e, em um naipe as cartas estão seqüenciadas do ás até o rei. Este estado é o ordenado do baralho. É fato que há somente uma situação na qual as cartas estão dispostas, que corresponde à seqüência ordenada de cartas. Entretanto há muitas situações que não correspondem à seqüência ordenada de cartas, isto é, são seqüências aleatórias. Quando embaralhamos as cartas, a probabilidade das cartas ficarem ordenadas do ás ao rei, e pertencerem ao mesmo naipe, é praticamente impossível de ocorrer. As seqüências nas quais as cartas se encontram desordenadas é muito mais freqüente ocorrer.

A idéia de relacionar a entropia com a desordem de um sistema, é devida a Ludwig Boltzmann. Entenda que desordem neste contexto, **é o número de configurações diferentes e possíveis das partículas de um sistema, tendo cada configuração a mesma energia**. Com esse argumento fica claro que o baralho de cartas caminha de um estado macroscópico ordenado para um estado desordenado, à medida que as cartas são embaralhadas. Percebe-se claramente um aumento de entropia. É notório que existe uma tendência predominante nos sistemas de caminharem em direção de um estado de caos entrópico. Qual a razão dessa tendência? Se imaginarmos que um sistema tem vários estados microscópicos disponíveis, o mais sensato que podemos fazer é imaginar que ele está em alguns deles a qualquer instante. Em havendo poucos estados microscópicos possíveis, seria fácil imaginar em qual deles o sistema estaria, e em seguida seríamos capazes de fazer uma suposição precisa, no sentido de saber de forma detalhada quais as posições e velocidades das partículas constituintes dos sistemas. Mas infelizmente, sabemos que o número de estados microscópicos desordenados é infinitamente maior que o ordenado, razão pela qual é mais provável encontrar um sistema no estado desordenado que no ordenado, dificultando as nossas suposições com um certo grau de precisão sobre o estado das partículas constituintes do sistema.

Um sistema passará sempre de uma configuração menos provável, mais organizada, para uma outra mais provável, mais desorganizada. A lei do aumento de entropia manifesta-se em tudo aquilo que nos rodeia. O fenômeno da deterioração de um material é um bom exemplo; tudo mais tarde ou mais cedo, se desagrega; os edifícios desgastam-se, nós envelhecemos e as frutas apodrecem. A lei do aumento de entropia pode aplicar-se ao universo como um todo, porque o universo pode ser considerado um sistema fechado. Também o universo pode vir a morrer, uma morte térmica, em que as estrelas esgotam o seu combustível e a matéria é dispersa por todo o espaço; a desordem total que ninguém poderá organizar de

novo. Seria um inóspito e gelado final dos tempos. A lei de entropia é muito interessante, porque é uma lei fundamental, e no entanto tem caráter estatístico. A lei tem significado apenas para um grande número de partículas, isto é, em circunstâncias em que se possa falar de uma distribuição de probabilidade, de médias em relação aos movimentos de um grande número de partículas. Para um número pequeno de partículas a lei é de fato inaplicável. É portanto uma aposta segura e quase certa, que a entropia nunca diminui em sistema fechado contendo um grande número de partículas.

A descrição microscópica de um sistema físico, em termos do movimento individual das partículas, é dado pelas leis de Newton para o movimento. Essas leis não distinguem passado e futuro, do ponto de vista microscópico. Um átomo não sabe o que envelhecer, é o modo como os átomos se organizam que determina a idade. A irreversibilidade do tempo e o envelhecimento, são apenas ilusões do ponto de vista da microfísica. Mas a lei do aumento da entropia com o tempo, dá ao tempo uma orientação, um sentido que permite distinguir entre o passado e o futuro. Se uma fruta podre se torna verde, em contradição com lei do aumento da entropia, seria como se o tempo andasse para trás. As leis do movimento aplicadas ao micromundo são invariantes relativamente à inversão do tempo, enquanto que as leis macroscópicas, como a lei do aumento da entropia, não são. Se nós pudéssemos filmar as moléculas de um gás contidas em um recipiente, será que distinguiremos se o gás estaria se expandindo ou se contraindo? Ou veríamos apenas moléculas do gás em movimentos aleatórios? É importante perceber que a entropia é uma propriedade macroscópica.

Este artigo procura de forma simples, sem uso de nenhuma fórmula matemática, contribuir para que você leitor possa entender mais um pouco o que é a entropia, e complementar o conteúdo de termodinâmica química dado em sala .