



SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

Quando deixamos uma xícara de café quente em um meio à temperatura ambiente (menor do que a temperatura do café), o sistema xícara + café irá esfriar ao longo do tempo até atingir um equilíbrio térmico com o ambiente. Na prática, sabemos que é esse o sentido natural do fluxo de calor: ele é transmitido do meio mais quente (sistema xícara + café) para o meio mais frio (ambiente).

Não vemos o contrário acontecendo. O sistema do café esfria porque perde calor para o meio, e não o contrário. O processo inverso seria aquele em que o meio, mais frio do que o sistema do café, cede calor a ele, fazendo com que esse esquente. Convenhamos: seria muito bizarro se isso acontecesse, não?

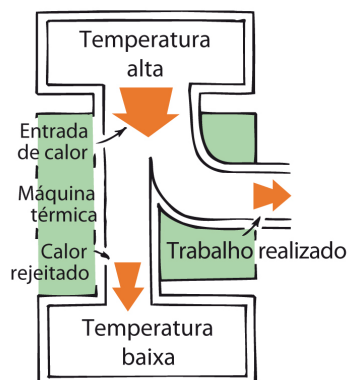
A princípio, esse processo maluco não violaria a Primeira Lei da Termodinâmica. Afinal, a Primeira Lei nos ensina apenas como a energia se conserva e se transforma em um processo termodinâmico, mas não nos diz qual deve ser o sentido desse processo. Esse sentido nos é ensinado pela Segunda Lei da Termodinâmica:

O calor jamais flui naturalmente de um objeto frio para um objeto quente.

O exemplo maluco do café sendo aquecido por um ambiente que possui menor temperatura não pode acontecer naturalmente. Isso violaria a Segunda Lei da Termodinâmica. No entanto, isso pode ocorrer através de processos gerados por alguns tipos de máquinas térmicas, como os refrigeradores.

MÁQUINAS TÉRMICAS

Um dispositivo capaz de converter calor em trabalho mecânico recebe o nome de máquina térmica. Esse calor é removido de um meio e utilizado para realizar trabalho. Porém, nem todo o calor consegue ser aproveitado para realizar trabalho. Parte desse calor acaba sendo dissipado para um outro meio, a uma temperatura menor do que o meio de onde ele foi extraído. Esse procedimento é representado pelo esquema a seguir:



Esquema de uma máquina térmica.

Pela Segunda Lei, nunca podemos aproveitar todo o calor na forma de trabalho. Uma parte desse calor sempre acaba sendo expelida para o meio externo.

Os refrigeradores são tipos de máquinas térmicas que realizam um procedimento contrário ao de uma máquina térmica convencional: eles retiram calor de um meio e liberam esse calor em um meio ainda mais quente! Para que isso ocorra, o refrigerador deve realizar trabalho para absorver calor. Como todo tipo de máquina térmica, parte



desse calor acaba sendo dissipado. Por conta de ser um procedimento “forçado”, isso não viola a Segunda Lei da Termodinâmica.



Um exemplo de refrigerador é a geladeira. Seu motor elétrico realiza trabalho para retirar calor do seu interior (meio frio) e liberá-lo no seu exterior (meio quente). É por isso que a parte de trás da geladeira está sempre quente.

Um sonho da engenharia seria desenvolver uma máquina que conseguisse transformar todo o calor absorvido em trabalho. Mas como vimos, isso é impossível. Por mais eficiente que seja a nossa máquina térmica, ela sempre dissipará calor. Em outras palavras, não é possível existir uma máquina térmica com rendimento igual a 100%. Mas o que exatamente isso significa?

RENDIMENTO

O rendimento de uma máquina térmica diz respeito a quanto calor cedido à máquina foi transformado em trabalho, ou seja, o rendimento de uma máquina nos diz o quão eficiente ela é.

Teoricamente, o maior rendimento que uma máquina térmica pode ter é calculado da seguinte forma:

$$\eta = \frac{T_{\text{quente}} - T_{\text{frio}}}{T_{\text{quente}}}$$

Em que η simboliza o rendimento, T_{quente} é a temperatura do meio “quente” (de onde foi removido calor) e T_{frio} é a temperatura do meio “frio” (para onde parte do calor foi dissipado)

Esse cálculo foi obtido pelo engenheiro francês Nicolas Sadi Carnot e corresponde a um rendimento ideal. Uma máquina térmica que apresenta esse rendimento é chamada de máquina de Carnot, sendo também chamada de máquina ideal.

É importante lembrar que as temperaturas usadas na fórmula acima devem ser dadas sempre em kelvin.

O rendimento será um valor adimensional entre 0 e 1, nunca alcançando o valor 1 (pois isso indicaria que houve um aproveitamento total do calor em trabalho). Para expressar o valor do rendimento em porcentagem, basta multiplicá-lo por 100.

O rendimento ideal do motor de um automóvel a combustão interna é maior do que 50%, mas, na prática, o rendimento acaba sendo cerca de 25%. Motores que operassem a temperaturas mais elevadas (em comparação com a do reservatório frio) seriam ainda mais eficientes, mas o ponto de fusão dos materiais do motor impõem limites superiores de temperatura em que eles podem operar. Rendimentos mais altos, portanto, aguardam por motores feitos de materiais com pontos de fusão mais elevados.

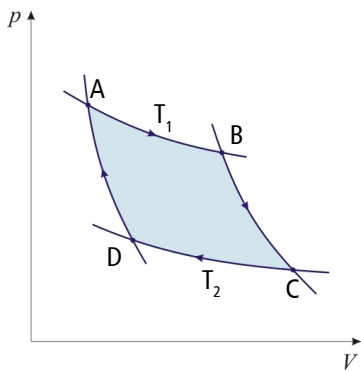




CICLO DE CARNOT

Processo reversível é aquele em que é possível o retorno ao estado inicial através da realização de um processo contrário. Isso não acontece naturalmente na termodinâmica, pois o calor só flui naturalmente de um corpo mais quente para um corpo mais frio. Esse último processo é chamado de **processo irreversível**, pois, após atingir o equilíbrio térmico, o corpo que estava inicialmente quente não retorna a ficar quente depois de ser esfriado (lembra do exemplo da xícara de café?).

Um ciclo termodinâmico é um conjunto de processos (transformações) em que os estados inicial e final coincidem, e isso se repete continuamente. O ciclo termodinâmico mais famoso é o **ciclo de Carnot**, que é o ciclo em que opera uma máquina de Carnot.



O gráfico ao lado representa o ciclo de Carnot. O sistema passa do estado **A** para o estado **B** por meio de uma transformação isotérmica, de **B** para **C** por meio de uma transformação adiabática, de **C** para **D** novamente por uma transformação isotérmica, e fecha o ciclo de **D** para **A** por meio de uma transformação adiabática. No gráfico, uma quantidade de calor é absorvida pelo gás de uma fonte quente a temperatura constante **T₁** que, depois de uma transformação adiabática, dissipa parte da quantidade de calor a uma fonte fria de uma temperatura constante **T₂**.

No Ciclo de Carnot, as transformações que fecham o ciclo são processos reversíveis, pois sofrem expansões e compressões sucessivas, sempre retornando ao estado original.

ANOTAÇÕES

Área destinada a anotações com linhas horizontais para escrita.