

Livros texto X Clausius

Sobre irreversibilidade

Os trechos abaixo foram retirados de livros-texto largamente utilizados no ensino de física.

Compare as definições de irreversibilidade com a definição de Clausius. Há diferença? No que concordam? No que discordam?

1. Resnick e Halliday, Física, vol. 1, Ed. 1965

Um sistema está em equilíbrio termodinâmico quando satisfaz as seguintes condições:

(a) está em equilíbrio mecânico - não há força não-equilibrada em seu interior ou atuando entre ele e o meio exterior;

(b) está em equilíbrio térmico -todas as suas partes estão à mesma temperatura que é igual à do meio exterior;

(iii) está em equilíbrio químico -não tende a sofrer uma modificação espontânea em sua estrutura interna.

.....

Numa transformação reversível a mudança de estado de um sistema se faz por uma sucessão contínua de estados de equilíbrio.

2. Nussenzweig, Curso de Física Básica, Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. Ed. 1983

...o processo se diz reversível, desde que as seguintes condições estejam satisfeitas:

(i) o processo se realiza muito lentamente;

(ii) o atrito é desprezível.

(iii) Esta condição é necessária para que o fluido passe por uma sucessão de estados de equilíbrio térmico, em cada um dos quais P e V são bem definidos.

3. Chabay e Sherwood, Física Básica – Matérias e Interações. Ed. 2018

Qualquer processo em que a entropia do Universo aumenta é “irreversível” no sentido técnico da física: um filme do processo exibido ao contrário parece estranho. Entretanto, qualquer processo em que a entropia do Universo não varia é em princípio “reversível”, e de fato há processos que são aproximada ou praticamente reversíveis. Por exemplo, uma bola de rolamento de aço que quica verticalmente ao atingir uma placa de aço alcança quase a mesma altura da qual foi liberada, e isso representa um processo (praticamente) reversível, porque o sistema retorna (praticamente) a seu estado original.

Sobre entropia

Os trechos abaixo foram retirados dos mesmos livros-texto citados acima.

Como você compara a introdução da função entropia destes textos com a introdução oferecida por Clausius? O que há de diferente? Explícite.

1. Resnick e Halliday, Física, vol. 1, Ed. 1965

Queremos exprimir o segundo princípio da termodinâmica quantitativamente. Para isso, necessitamos de uma grandeza que meça a possibilidade que um sistema tem de realizar trabalho.

....

A grandeza física que mede a possibilidade de um sistema realizar trabalho se chama entropia. A entropia é uma grandeza mensurável. É um conceito tão importante para a termodinâmica como a própria energia.

... para um ciclo reversível qualquer

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0,$$

onde o símbolo \oint indica que a integral é tomada ao longo do ciclo. Aqui, dQ é o calor elementar absorvido à temperatura absoluta T .

Segue-se da equação que o valor de $\int dQ/T$, ao longo de um trajeto, de um estado 1 a um estado 2, será o mesmo, qualquer que seja o trajeto reversível escolhido de 1 a 2. Observe-se que, embora $\int dQ$ não seja independente do caminho, $\int dQ/T$ o é. Assim, novamente determinamos uma propriedade do sistema, tal qual a energia interna, cujo valor depende apenas do estado do sistema e não da maneira pela qual ele chegou a esse estado, vindo de um anterior. Essa propriedade é chamada a entropia do sistema e representa-se por S . Assim, se S_2 é a entropia no estado 2 e S_1 no estado 1,

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

dá a variação na entropia de um sistema, ao evoluir do estado 1 ao estado 2 por um trajeto reversível.

2. Nussenzweig, Curso de Física Básica, Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. Ed. 1983

O texto parte da relação

$$\frac{Q_1}{T_1} = \frac{Q_2}{T_2}$$

demonstrada para um ciclo reversível entre dois reservatórios térmicos de temperaturas T_1 e T_2 (ciclo de Carnot). Aplica essa ideia para um ciclo constituído de muitos ciclos de Carnot para chegar ao que chama de teorema de Clausius,

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0.$$

....

A consequência mais importante do teorema de Clausius é a existência de uma nova função de estado associada a um estado de equilíbrio termodinâmico de um sistema, a entropia.

...

A integral

$$\int_i^f \frac{dQ_R}{T}$$

tem o mesmo valor para todos os caminhos reversíveis que ligam os estados de equilíbrio termodinâmico i e f . (O índice R indica que o processo é reversível.)

Podemos escrever portanto

$$\int_i^f \frac{dQ_R}{T} = S_2 - S_1$$

onde S é a nova função de estado, introduzida por Clausius e por ele denominada de entropia.

3. Chabay e Sherwood, Física Básica – Matérias e Interações. Ed. 2018

O texto discute o cálculo do número Ω de formas de distribuir a energia entre os átomos de um sistema. Afirma que é uma prática padrão em mecânica estatística utilizar o logaritmo desse número, $\ln \Omega$, já que Ω pode ser muito grande.

... Essa quantidade, $\ln \Omega$, quando multiplicada pela constante de Boltzmann k_B , é chamada de "entropia" do objeto e denotada pela letra "S".