

incomensurável incômodo: os Países Altos estavam sendo roubados. Ele telefona (ou, talvez, skypeie) para seus amigos do governo, os quais, por sua vez, telefonam aos amigos do governo dos Países Baixos e, ao final da noite, o primo bilionário é informado de que não há roubo algum, que todos os impostos são legais entre os países, que a taxa de conversão está correta, e que o preço dos Triburques acompanha as economias locais. E que se ele quer continuar a ser um filantropo, não há outra saída senão injetar os 450Q para manter o ciclo. E, afinal, estes 450Q não estão desaparecendo, como ele mesmo já constatara.

Conformado, porém chateado, pois algo ainda o incomoda, o primo bilionário chama, na tarde seguinte, um grande amigo, pensador inútil de nome bizarro, para ver se este consegue esclarecer o incômodo do qual padece o bilionário.

O pensador inútil examina, rapidamente, o quadro, e chega à seguinte conclusão. Não basta fazer um balanço de \$\$\$. Existe uma outra propriedade no ciclo que necessita ser definida. Que propriedade é essa, quer saber o bilionário. Mais algum tempo, e o pensador retorna com a explicação.

Ele notou que existe uma propriedade, que assim como o \$\$\$ também é conservada, e que também tem um balanço. Ou seja, o que ele vai descrever ao bilionário é uma propriedade, tão propriedade quanto o \$\$\$, mas que não é tão óbvia quanto o \$\$\$\$. É uma propriedade cujo balanço será nulo, mas que tem conseqüências diferentes das do balanço nulo de \$\$\$.

E, assim, o pensador dispara: “Como você vê, são os seus 450Q que, no final das contas, são transformados em Triburques nos Países Baixos. Ou seja, no fundo, de toda essa transação, a única coisa que resta, de fato, são esses 450Q, convertidos em 1.800q, a serem utilizados para obter Triburques por lá. O seu incômodo vem do seguinte fato. Aqui, seus 450Q valem 45 Triburques. Lá, os 1.800q valem 36 Triburques. Assim, temos uma propriedade, que chamaremos de sumiço, S, definida como \$\$\$ dividido por Triburques. O balanço de S é, portanto, o seguinte (e, como você verá, não há ninguém roubando nada)”:

$S_{\text{Injetados}}$	450Q/10	= - 45T
S_{Obtidos}	1.800q/50	= + 36T
$S_{\text{Transformados}}$	(450Q/10)/5	= + 9T
Balanço de S no ciclo		0

Sendo que o denominador “5”, que surge no último termo, diz respeito à degradação do potencial de obtenção de Triburques dos Países Altos que ocorre nos Países Baixos.

Assim, o pensador inútil definiu $S = Q/T$ (ou q/T) e mostrou que esse negócio, S, apesar de não muito evidente, é uma propriedade do ciclo, com balanço nulo e que permite aos trocadores de \$\$\$ entenderem o que ocorre, que vai além do balanço de \$\$\$, somente.

Mas, a pior mensagem ainda estava por vir. Numa outra noite, o bilionário, já mais conformado, telefonou ao pensador inútil e perguntou se havia algum outro jeito dele ser um filantropo. O pensador inútil explicou que

não. Caso ele quisesse obter algum trabalho útil, alimentado carentes nos Países Baixos (já que, nos Altos, não há nem como nem porque se fazer isso), ele teria que injetar um potencial de Triburques maior do que o que seria obtido. Ou seja, para realizar algum trabalho útil, o sumiço S se fará, sempre, presente, através de uma *transformação com perda no potencial de obtenção* de Triburques.

Saindo dos países das fábulas maravilhosas e retornando ao nosso Universo sem graça, parece que a maior dificuldade das pessoas é entender a entropia (entropia) S como uma propriedade de um sistema¹. Há sempre a utilização equivocada de “entropia = bagunça”. Isto é equivocado pois, como vimos acima, a entropia é uma propriedade física de um sistema, a qual é obtida “fisicamente” através de um balanço num ciclo, exatamente como a energia. Não é preciso se pensar em bagunça para se definir entropia. O que se deve pensar é no seguinte: *a obtenção de trabalho útil sempre é associada, de maneiras diretas ou indiretas, à transferência de energia entre um reservatório quente a um reservatório frio, e tal transferência é, sempre, acompanhada por uma perda de potencial para realização de mais trabalho útil.*

Esta propriedade, de perda de trabalho útil, é caracterizada através da entropia, cuja variação é dada por $T \times dS = dQ$, e a entropia é, fisicamente, a propriedade que zera um dos balanços presentes num ciclo.

A associação bagunça - entropia surge da formulação de Boltzmann a qual associa a entropia ao número de estados acessíveis num sistema (logo, quanto mais estados acessíveis, maior a entropia e, dado o maior número de estados possíveis, maior a “bagunça”). Contudo, note o problema que surge ao se levar bagunça como entropia. Como as transformações espontâneas são aquelas nas quais há aumento de entropia, e como o número de estados possíveis é maior a altas temperaturas, então, os sistemas *deveriam* se aquecer, espontaneamente ! Mas, se um sistema aumenta sua temperatura espontaneamente, então há um maior potencial de troca com um reservatório frio e, portanto, *poder-se-ia* obter trabalho útil vindo do nada !!! Haveria muitas exclamações para um texto científico e *motos contínuos*² poderiam ser construídos. Qual o impedimento?

Como deve ter sido notado, o impedimento está na *interpretação* que se está fazendo do significado do aumento da propriedade entropia, ao associar este aumento com “bagunça” (maior número de estados acessíveis). Há um aumento de estados acessíveis no reservatório frio, mas uma diminuição no reservatório quente. Desta forma, o “estado final” será aquele no qual não mais seja possível transferir energia do reservatório quente ao reservatório

¹ S não tem nada a ver com sumiço (mas ajuda), e sim com o termo grego significando evolução (mudança). Ao que consta “na lenda”, Clausius e Boltzmann foram inspirados na obra de Charles Darwin ao nomear a esta propriedade.

² Chamados “motus contínuos do segundo tipo”, pois ferem a Segunda Lei da Termodinâmica na medida em que há surgimento “espontâneo” de trabalho útil. Os do primeiro tipo ferem a Primeira Lei, ou seja, são aqueles que não são possíveis pois não há conservação de energia.

frio, ou seja, a impossibilidade de se obter trabalho útil, e o número de estados acessíveis será menor do que o número no reservatório quente inicial (portanto, deste ponto de vista, houve uma “diminuição na bagunça”).

Moto contínuo, “never more” - tenha isso em mente e não mais se iluda. A entropia é uma propriedade física, tanto quanto a energia, e sua mensuração não diz respeito à bagunça. Todo trabalho útil somente é obtido através do aumento de entropia em algum lugar do universo, isto é o fato ... e, portanto,

$$T \times dS \geq dQ_{\text{reversível}}$$

é a regra, ou seja, o aumento de entropia é sempre maior ou igual ao calor trocado de maneira reversível num sistema (dividido pela temperatura, óbvio, pois entropia não é energia).

José Guilherme Chaui-Berlinck
23 de julho de 2012

Agradeço aos Drs. Daniela Tathiana Soltys e Pedro Leite Ribeiro por terem chamado minha atenção, e sugerido a maneira, quanto à necessidade de melhor apresentar o termo S transformados no balanço feito.

Para saber melhor:

Dugdale JS. (1996) Entropy and its physical meaning. Taylor & Francis.

Chaui-Berlinck JG, Martins RA. 2013. As duas primeiras leis. Editora da UNESP.