



Algumas reflexões sobre o segundo princípio da termodinâmica ou princípio da entropia / João Maria de Almeida Lima

Autor(es): Lima, João Maria de Almeida, 1859-1930

Publicado por: [s.n.]

URL persistente: URI:<http://bdigital.sib.uc.pt/hc/UCSIB-A0-CONGf/globalitems.html>;
URI:<http://hdl.handle.net/10316.2/26572>

Accessed : 27-Mar-2020 22:20:35

A navegação consulta e descarregamento dos títulos inseridos nas Bibliotecas Digitais UC Digitalis, UC Pombalina e UC Impactum, pressupõem a aceitação plena e sem reservas dos Termos e Condições de Uso destas Bibliotecas Digitais, disponíveis em <https://digitalis.uc.pt/pt-pt/termos>.

Conforme exposto nos referidos Termos e Condições de Uso, o descarregamento de títulos de acesso restrito requer uma licença válida de autorização devendo o utilizador aceder ao(s) documento(s) a partir de um endereço de IP da instituição detentora da supramencionada licença.

Ao utilizador é apenas permitido o descarregamento para uso pessoal, pelo que o emprego do(s) título(s) descarregado(s) para outro fim, designadamente comercial, carece de autorização do respetivo autor ou editor da obra.

Na medida em que todas as obras da UC Digitalis se encontram protegidas pelo Código do Direito de Autor e Direitos Conexos e demais legislação aplicável, toda a cópia, parcial ou total, deste documento, nos casos em que é legalmente admitida, deverá conter ou fazer-se acompanhar por este aviso.

Asociación Española *
para el Progreso * * * *
de las Ciencias * * * *

10^o **Congreso * * * * ***
*** * * * * de Coimbra**

**Algumas reflexões sôbre o segundo principio
da termodinâmica ou principio da entropia,
pelo professor Joao Maria de Almeida Lima**

Imprenta Zoila Ascasibar y C.^a
Martín de los Heros, 65.-Madrid

80
E

2x.2

AO Cong/X ELEPCI



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
Dpto. Ciências da Terra
F.C.T.U.C.



1322396191

Museu Mineral. e Geológico
COIMBRA

Casa 1

Est. 1

Prat. 1

Pasta 1

N.º 1

a 1

ALGUMAS REFLEXÕES SÔBRE O SEGUNDO PRINCÍPIO DA TERMODINÂMICA OU PRINCÍPIO DA ENTROPIA

PELO

PROFESSOR JOÃO MARIA DE ALMEIDA LIMA

É sabido que o princípio de Carnot conduz à equação

$$\frac{Q}{T} - \frac{Q'}{T'} = 0$$

supondo que o calor Q é recebido da primeira origem à temperatura constante T e Q' o cedido à segunda origem a uma temperatura também constante T' .

Supõe-se que a máquina térmica é *reversível*, e que o seu ciclo é de Carnot e portanto constituído por duas linhas isotérmicas e duas linhas adiabáticas.

A expressão $\frac{Q}{T}$, ou $\frac{dQ}{T}$ no caso mais geral, deu Clausius o nome de *entropia*.

Essa expressão é notável e sempre se apresenta nas expressões analíticas que se referem ao 2.º princípio. A razão disso é fácil de compreender, logo que nos lembremos que o *valor* da quantidade de calor Q não só está dependente dessa quantidade de calor Q mas também da temperatura T ; e portanto para designar o papel dinâmico dessa quantidade é necessário combiná-la com a tempe-

raçura T . O que importa, pois, para definir o valor de uma certa quantidade de calor é, de facto a expressão $\frac{Q}{T}$.

*
* * *

Começemos por justificar o nome de *entropia* dada por Clausius à expressão $\frac{Q}{T}$ no $\frac{dQ}{T}$. Segundo supomos essa expressão, muitas vezes criticada por ser obscura e concorrer por êsse facto para o que há de nebuloso no 2.º princípio, deriva do verbo grego *tropen*, *voltar*, que por vezes se emprega, como em *tropico*. Óra a expressão $\frac{Q}{T}$ refere-se a máquinas reversíveis, que tanto podem funcionar no sentido *directo* como no *inverso*; são portanto máquinas que invertem o sentido do seu movimento, que se voltam, e portanto Clausius, para que não esquecesse essa circunstância, designou a expressão $\frac{Q}{T}$ por *entropia* querendo dizer que se refere a máquinas que se voltam ou máquinas reversíveis.

*
* o *

Não sei se terei assim interpretado convenientemente essa expressão, em que se via alguma coisa de misterioso; mas é claro que tratando-se de uma questão de palavra, não tem importância de maior.

Seja, pois, a entropia dada pela expressão

$$S = \frac{Q}{T} \text{ ou } dS = \frac{dQ}{T}$$

e procuremos interpretar a sua significação física.

Resulta dessa expressão que

$$Q = ST$$

isto é, que a quantidade de calor Q é igual ao producto de dois factores S e T . Ora Q , quantidade de calor, é ao mesmo tempo um modo de energia equivalente a trabalho.

Dum modo semelhante se pode escrever

$$W = F \times C$$

o trabalho W é o producto duma força ou função de força, por um caminho. Analogamente escreve-se

$$W = Q \times E$$

ou energia electrica, igual ao producto da carga Q pela força electromotriz E , etc.

Ora está solidamente estabelecido, que a temperatura T é uma *qualidade* caracterizada analiticamente pela impossibilidade de sobre ela se poderem realizar operações de adição e portanto qualquer outra operação de aritmética.

Fisicamente a temperatura T , designa uma qualidade do calor, qualidade definida pela sua transformabilidade noutro modo de energia com rendimento mais ou menos elevado. O calor transforma-se em outro modo de energia com rendimento tanto mais elevado, quanto mais elevada fôr a sua temperatura.

Por outro lado a entropia é um factor de quantidade; analiticamente caracterizada pela circunstância de ser susceptível de operação de adição, e portanto de todas as outras operações de aritmética. Assim demonstra-se que a entropia dum sistema é igual à soma das entropias das partes que o compõem.

A expressão

$$Q = ST$$

apresenta, pois, a característica de quaisquer outros modos de energia: o producto de um factor de quantidade S e dum factor de qualidade T .

A entropia, pois, representa uma espécie de *massa calorifica*, do mesmo modo que se considera uma quantidade de electricidade, ou uma massa electrica, ou uma certa massa gravitica.

Por largo tempo se estabeleceu confusão, entre a quantidade de calor Q , que é uma energia, e a massa calorifica ou quantidade de

calor que não é outra coisa senão ao que Clausius designou pela palavra *entropia*. Dessa confusão resultou um facto realmente extranho.

Sabe-se, com efeito que Carnot, deduziu o seu celebre principio por um processo de analogia entre o motor térmico e o motor hidráulico.

Uma certa massa de água cai dum certo nível sobre as pás duma roda hidráulica fazendo-as mover; pois do mesmo modo uma massa de calor precipita-se entre uma temperatura mais alta e outra mais baixa e produz o movimento do embolo d'uma máquina.

Óra o rendimento do motor hidráulico só depende da diferença de nível entre o lugar de partida e o lugar de chegada e evidentemente o rendimento do motor apenas depende dessa diferença de nível; portanto, analogamente o rendimento dum motor térmico só depende das temperaturas do lugar de partida e do lugar de chegada. En isto consiste o principio de Carnot.

Óra é realmente extranho que Carnot, partindo de um principio falso—a existencia do calorico—e dum principio verdadeiro—a impossibilidade do motor continuo—tivesse conseguido chegar a um principio verdadeiro.

Mas isso é explicavel dada a confusão que no seu tempo existia (ainda se não tinha enunciado o principio da equivalencia) entre *calor* modo de energia, e massa calorifica ou entropia. Portanto quando êle disse que o calor se precipita duma para outra temperatura, deveria dizer a entropia desloca-se entre as duas temperaturas, e então os principios em que se fundamentava seriam ambos verdadeiros.

Ainda hoje mesmo essa confusão existe e pela palavra *calor* muitas vezes se compreende a energia calorifica e a massa calorifica ou entropia; coisas que apenas são proporcionais.

Há, porém, um facto muito vulgar e geral que está, pelo menos aparentemente em flagrante contradição com o principio da entropia.

Segundo êsse principio o calor não pode transitar dum lugar mais frio para outro mais quente a não ser com consumo de energia.

Óra isso está em contradição com o facto da *evaporação*. É sabido que uma grande parte dos liquidos, por exemplo a água, se evapora, transitando assim o calor dum lugar mais frio para outro mias quente, espontaneamente, isto é sem necessidade de intervenção de qualquer energia avaliavel.

Julgo poder explicar-se êsse facto recorrendo a hipoteses da

teoria cinética dos gases. As partículas dos líquidos estão animadas de movimento de grande velocidade e portanto escapam-se do espaço limitado pela superfície do líquido experimentando perda de energia cinética que seria a *energia invisível*, que se destroi para que o calor possa transitar, dum modo aparentemente expontaneo, de um lugar mais frio para outro mais quente.

É possível, que esta generalização da hipótese cinética, aplicada à explicação de outros fenómenos, não seja considerada suficiente para legitimamente dar conta do facto citado, e nesse caso ele representa uma forte objecção contra o princípio da entropia, que aliás não creio que esteja muito solidamente estabelecido.

*
* *

É sabido que a entropia S é uma função potencial, isto é, apenas dependente das variáveis que determinan o estado do sistema; por isso mesmo quando o ciclo é fechado a entropia sofre uma variação nula ou

$$\Sigma \frac{dQ}{T} = 0$$

Quando, porém, o ciclo é aberto

$$\Sigma_a^b \frac{dQ}{T} = S_b - S_a$$

Quer isto dizer, que a entropia funciona como uma *resistencia activa*, isto é, numa parte da transformação *absorve* energia e noutra parte *restitui-a* integralmente. É comparável à resistencia duma mola perfeitamente elastica, que óra absorve óra fornece energia.

É um exemplo interessante destas resistencias activas, a self-inducção, já *directa* já *inversa*, que se observa na auto-inducção.

O atrito, que nunca muda de sinal, oferece um exemplo de resistencia passiva que nunca pode restituir a energia que absorveu.

Portanto tambem se pode distinguir uma série de transformações reversiveis de outras que o não sejam, pelo facto de intervir apenas a entropia, ou intervir tambem a resistência passiva ou *não compensada*.

Óra isto sucede nas transformações reais em que necessariamente existem resistencias passivas.

*
* *

Clausius procurou uma fórmula que lhe permitisse enunciar simplesmente o princípio da entropia; para isso supoz o universo um sistema conservador, e nessa hipótese afirmou que: "a entropia do universo tende para um máximo".

Tendo nós interpretado o significado físico da entropia, e tendo concluído que ela era um dos factores da energia calorífica sendo o outro a temperatura termodinâmica, êsses dois factores serão inversamente proporcionais; dêsse modo podemos alterar o enunciado de Clausius dando-lhe um significado mais facilmente compreensível dizendo: "*para todas as transformações realizáveis do universo a temperatura tende para um mínimo*".



