



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



As "tempestades" no "céu" da Física no final do Século 19. .

O matemático e físico escocês William Thomson (1824-1907), conhecido no mundo científico por intermédio do título de nobreza que recebeu em 1892 - **Lord Kelvin** -, falando sobre a Física no *Royal Institution of Great Britain*, no dia 27 de abril de 1900, com o texto completo publicado na *Philosophical Magazine* 2, p. 1, em 1901, afirmou: *Vejo apenas duas pequenas "nuvens" no sereno céu do conhecimento físico: a experiência de Michelson-Morley, realizada em 1887, e a discordância entre os valores medidos e os valores teóricos, previstos pela Termodinâmica para os calores específicos em baixas temperaturas. Vejamos essas duas "nuvens"*.

Segundo a Teoria Eletromagnética, apresentada pelo físico e matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) em seu livro **A Treatise on Electricity and Magnetism** publicado em 1873 (no qual apresentou suas célebres quatro equações), a luz era entendida como uma onda eletromagnética, cujo suporte de propagação era o **éter luminífero cartesiano**, uma vez que, por essa época, era crença geral de que toda onda para se propagar necessitava de um suporte. (É oportuno dizer que a onda sonora tem como suporte o ar atmosférico e a onda elástica, um meio material qualquer.) Pois bem, a experiência realizada pelos norte-americanos, o físico Albert Abraham Michelson (1852-1931; PNF, 1907) (de origem alemã) e o químico Edward William Morley (1838-1923), em 1887 (*American Journal of Science* 34, p. 333 e *Philosophical Magazine* 24, p. 449), tinha com objetivo detectar esse hipotético éter. No entanto, o resultado dessa experiência foi o de que o referido suporte não tem existência. [Registre-se que, em linguagem formal (matemática), esse resultado significa dizer que uma experiência eletro-óptica era incapaz de determinar a velocidade de um referencial Galileano, ou equivalentemente, que o Eletromagnetismo Maxwelliano era invariante por uma **transformação de Galileu**. Ou ainda, quer para um observador em repouso, quer para um observador em movimento retilíneo uniforme relativamente em relação a um observador parado, as **Equações de Maxwell** têm sempre a mesma forma.] Rapidamente a "nuvem" representando essa experiência transformou-se em um violento temporal que só foi amainado quando o físico germano-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921), em 1905 (*Annalen der Physik* 17, p. 891), desenvolveu a hoje conhecida Teoria da Relatividade Restrita, cuja formulação prescinde do conceito de éter.

Vejamos, agora, o que aconteceu com os calores específicos. Segundo a Termodinâmica, o calor específico (C) de uma substância é calculado pela variação de sua energia interna (U) em função da temperatura absoluta (T), ou seja: $C = dU/dT$. Quando essa equação é aplicada a um sólido, com U obtida por intermédio da **distribuição de Maxwell-Boltzmann**, demonstra-se que C é uma constante, cujo valor concorda com a observação experimental dos físicos-químicos franceses Pierre Louis Dulong (1785-1838) e Aléxis Thérèse Petit (1791-1820), a famosa **lei de Dulong-Petit**, enunciada, em 1819 (*Annales de Chimie et de Physique* 10, p. 403): *Os átomos de todos os corpos simples têm exatamente a mesma capacidade para o calor*. (Registre-se que esse valor constante vale 6 calorias por molécula grama e por grau de temperatura.) Contudo, na medida em que temperaturas mais baixas foram sendo conseguidas por intermédio de uma técnica hoje conhecida como **Criogenia**, observou-se que a lei do calor específico atômico tinha uma dependência do tipo: $C \sim T^3$. Foi Einstein quem deu a primeira explicação para a dependência do calor específico com a temperatura, em 1906 (*Annales de Physique Leipzig* 22, p. 180), usando, para isso, a idéia de quantum apresentada, em 1900 (*Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 2, p. 237), pelo físico alemão Max Karl Ernest Planck (1858-1947; PNF, 1918) . No entanto, embora a explicação de Einstein para o calor específico a volume constante (c_v)

mostrasse apenas uma dependência exponencial com a temperatura T ($c_v \sim e^{hv/kT}$), a lei experimental observada do tipo T^3 só foi conseguida ser demonstrada pelo físico e químico holandês Petrus Joseph Wilhelm Debye (1884-1966; PNQ, 1936), em 1912 [*Archives des Sciences Physique et Naturelles (Genève)* 33, p. 256 e *Annales de Physique Leipzig* 39, p. 789]. Assim como aconteceu com a "nuvem" simbolizando a *experiência de Michelson-Morley*, a "nuvem" dos calores específicos também desencadeou uma violenta "tempestade", que só foi completamente dissipada com a Mecânica Quântica, desenvolvida, entre 1923 e 1926, pelos físicos, os alemães Max Born (1882-1970; PNF, 1954), Werner Karl Heisenberg (1901-1976; PNF, 1932) e Ernst Pascual Jordan (1902-1980) e o austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961; PNF, 1933). É oportuno registrar que, segundo o físico francês Olivier Costa Beauregard afirmou, em 1982 (*Caderno de História e Filosofia da Ciência* 3, p. 43), um novo temporal ameaça o "céu" da Física, desta vez por intermédio dos conceitos de **localidade e não-localidade**, que apareceram na Mecânica Quântica Relativista, esta desenvolvida a partir do trabalho apresentado, em 1928 (*Proceedings of the Royal Society of London* A117, p. 610 e A118, p. 351), pelo físico inglês Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984; PNF, 1933). Para detalhes sobre as dificuldades daqueles conceitos, ver, por exemplo, o livro do físico italiano Gennaro Auletta: **Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics**, World Scientific, 2001.

[Página Inicial](#)

[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)