
# SEARA DA CIÊNCIA

## CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo

**Condução Térmica nos Sólidos**.

Em 1804 (*Journal de Mines* **17**, p. 203), o físico francês Jean-Baptiste Biot (1774-1862), foi um dos primeiros a apresentar uma expressão matemática para estudar a condução do calor nas barras metálicas, ocasião em que fez a distinção entre condução interna e radiação externa. Sua expressão (representada pela equação diferencial: $d^2T - k\ T\ dx = 0$, onde $T$ é a temperatura, $k$ a condutividade térmica, e $x$ a posição), contudo, apresentava uma grande dificuldade, pois não levava em consideração o tempo ($t$), parâmetro fundamental para tratar a condução térmica.

Mais tarde, em 1807, o matemático francês Jean-Baptiste-Joseph Fourier (1768-1830) comunicou à *Academia Francesa de Ciências* (AFC) uma memória que continha uma expressão matemática para explicar a difusão do calor em corpos de formas especiais (retângulo, anel, esfera, cilindro e prisma), e que contornava a dificuldade da ***equação de Biot***, pois sua expressão envolvia o tempo ($t$). Os examinadores desse trabalho de Fourier designados pela AFC, foram os matemáticos franceses Gaspard Monge (1746-1818), Sylvestre François Lacroix (1765-1843), Pierre Simon, Marquês de Laplace (1749-1827) e Joseph Louis, Conde de Lagrange (1736-1813); os três primeiros foram favoráveis à publicação, porém, Lagrange foi contra. O argumento usado por este famoso matemático foi o de simplesmente rejeitar a função apresentada por Fourier para expressar a condição inicial da temperatura (a hoje famosa ***série de Fourier***):

$$f(x) = (1/2\pi) \int_{-\pi}^{+\pi} f(t)dt +$$

$$+ (1/\pi) \sum_{r=1}^{\infty} \left[ \cos(rx) \int_{-\pi}^{+\pi} f(t) \cos(rt)dt + sen(rx) \int_{-\pi}^{+\pi} f(t) sen(rt)dt \right],$$

por não acreditar que tais funções pudessem ser representadas por séries trigonométricas (seno e cosseno). Lagrange mantinha essa opinião desde a década de 1750, quando trabalhou no problema da corda vibrante. Em vista disso, em 1810, a AFC ofereceu um prêmio a quem resolvesse o problema da condução do calor.

Logo em 1811, Fourier preparou um trabalho para concorrer a esse prêmio. Nesse trabalho (uma versão revisada do de 1807), Fourier estudou a difusão do calor em corpos infinitos. No entanto, como nesses casos a periodicidade das ***séries de Fourier*** não era capaz de representar as condições iniciais do problema, Fourier substituiu-as por uma integral (mais tarde conhecida como ***integral de Fourier***):

$$f(x) = (1/\pi) \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)dt \int_{0}^{+\infty} \cos[q(x-t)]dq.$$

Nesse trabalho, as suas últimas seções foram dedicadas aos aspectos físicos do calor, principalmente o problema da intensidade de sua radiação. Ele ganhou o prêmio, porém, o júri – provavelmente por insistência de Lagrange – fez críticas quanto à sua "precisão e generalidade", consideradas por Fourier como uma repreensão injustificada. [Jerome R. Ravetz and I. Grattan-Guinness, ***IN***: **Dictionary of Scientific Biography** (Charles Scribner´s Sons, 1981).] É interessante destacar que somente em 1824, esse trabalho de Fourier foi então publicado nas **Mémoires de l´Academie des Sciences de l´Institut de France (1819-1820)**.

Apesar dessa proposta, hoje inquestionável, ela não foi imediatamente aceita, tanto que, em 1815, Biot propôs uma nova equação para representar a **perda de calor t** por um corpo: $t = a\,T + b\,T^3$, onde T é a diferença de temperatura entre o corpo quente e o ambiente que o envolve, e a e b são duas constantes. Em 1816, Biot mediu o fluxo de calor em barras metálicas. (M. P. Crosland, ***IN***: **Dictionary of Scientific Biography**, op. cit.)

Foi somente em 1822, que Fourier publicou seu famoso livro intitulado **Théorie Analytique de la Chaleur**, no qual demonstrou que a condução do calor em um sólido homogêneo e isotrópico satisfaz a seguinte equação diferencial (em notação atual): $[\Delta + (1/k)\, \partial/\partial t]\, T(\vec{r},t) = 0$, onde $\Delta$ é o *operador Laplaciano* que, em coordenadas cartesianas, é igual a: $\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2 + \partial^2/\partial z^2$. Essa equação é hoje conhecida como ***equação da difusão*** ou ***equação de Fourier***. É oportuno destacar que o trabalho de Fourier, exposto nesse livro, apresenta dois pioneiros aspectos históricos. Com efeito, pela primeira vez uma equação foi examinada sob o ponto de vista da consistência das unidades físicas das grandezas evolvidas nelas, podendo então Fourier ser considerado o iniciador da Análise Dimensional; e, também, pela primeira vez, um fenômeno físico foi estudado no âmbito matemático, o mais geral possível, por intermédio de uma equação diferencial parcial [Armand Gibert, **Origens Históricas da Física Moderna** (Fundação Calouste Gulbenkian, 1982)]. Esse livro de Fourier foi importante para estudar o comportamento dos condutores percorridos por uma corrente elétrica.

---

ANTERIOR SEGUINTE