



## SEARA DA CIÊNCIA

### CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Efeitos: Seebeck, Peltier, Joule e Thomson.

Em 1821 (*Abhandlungen der Königlichten Akademie der Wissenschaften in Berlin, 1822-1823*, p. 265), o físico russo-alemão Thomas Johann Seebeck (1770-1831) colocou uma placa de bismuto (Bi) sobre uma placa de cobre (Cu) e uniu-as por meio de fitas de cobre a um "meridiano magnético". Registre-se que o "meridiano magnético" (mais tarde transformado em galvanômetro) foi inventado pelo físico francês André Marie Ampère (1775-1836), em suas experiências sobre eletromagnetismo (nome cunhado por ele), a partir de 1820 (vide verbete nesta série).

Assim, ao apertar com a mão essas fitas contra aquelas placas, Seebeck percebeu que o "meridiano" registrava uma "polarização magnética" (*corrente elétrica*, conforme mais tarde foi identificada). Substituindo o bismuto por antimônio (Sb), Seebeck observou que a "polarização" invertia de sentido e, de pronto, identificou esse fenômeno como sendo devido ao calor de sua mão, razão pela qual denominou-o de "efeito termomagnético" (hoje, efeito Seebeck ou *efeito termoelétrico*). Em vista disso, construiu um termoelemento constituído de um retângulo com duas bandas metálicas soldadas entre si nas extremidades, no qual uma agulha magnética era desviada quando as soldas eram submetidas a uma diferença (gradiente) de temperatura. Nessa ocasião, ele erroneamente acreditou [E. Frankel, *IN: Dictionary of Scientific Biography* (Charles Scribner's Sons, 1981)], que os condutores que compõem a junção (solda e banda metálica) eram magnetizados (daí o nome de "efeito termomagnético" que deu a esse efeito, segundo registramos acima) diretamente por aquela diferença.

É oportuno salientar que, segundo o físico português Armand Gibert (1914-1985) afirma em seu livro *Origens Históricas da Física Moderna* (Fundação Calouste Gulbenkian, 1982), uma das primeiras observações sobre a *corrente elétrica* foi realizada pelo médico e botânico francês Louis Guillaume Le Monnier (Lemonnier) (1717-1799), em 1746, ao descarregar uma garrafa de Leiden [dispositivo para armazenar carga elétrica, inventado em 1745, pelo médico e físico holandês Pieter van Musschenbroek (1692-1761), da *Universidade de Leiden*], por intermédio de um fio condutor. Muito embora esse conceito de intensidade de corrente elétrica ( $I$ ) já houvesse sido trabalhado por Ampère, contudo, a sua definição hoje amplamente conhecida [carga elétrica ( $Q$ ) por unidade de tempo ( $t$ ):  $I = Q/t$ ] foi introduzida pelo físico alemão George Simon Ohm (1787-1854) em suas experiências realizadas em 1825 com circuitos elétricos tomando como fonte uma bateria de pilhas voltaicas (vide verbete nesta série).

Voltemos ao trabalho de Seebeck. Em fevereiro de 1822, ele estabeleceu com os seus termoelementos uma série de "tensões termoelétricas", e em 1823 (*Annalen der Physik* 73, pgs. 115; 430), realizou novas experiências relacionadas com a sua descoberta de 1821. Registre-se que as "tensões termotérmicas" trabalhadas por Seebeck, foram mais tarde reconhecidas como forças eletromotrizes termoelétricas ( $\epsilon$ ), depois dos trabalhos do físico alemão Wilhelm Gottlieb Hankel (1814-1899), desenvolvidos a partir de sua Tese de Doutorado defendida na *Universidade de Halle*, em 1839, e publicados em 1840 (*Annalen der Physik und Chemie* 49; 50, pgs. 493; 237), e em 1842 (*Annalen der Physik und Chemie* 56, p. 37). Registre-se, também, que o aparecimento de uma  $\epsilon$  nos termoelementos deu ensejo para que se construíssem termômetros, os conhecidos termopares. Desse modo, uma dada temperatura absoluta  $T$  é calculada por intermédio da expressão:  $\epsilon = a + bT + cT^2 + dT^3$ , onde as constantes  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  dependem do material de cada termopar. Para maiores detalhes sobre o efeito Seebeck, ver: William Francis Magie (Editor), *A Source Book in Physics* (McGraw-Hill Book Company, Inc., 1935); e Sir Edmund Taylor Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity: The Classical Theories* (Thomas Nelson and Sons Ltd., 1951).

Tratemos, agora, do efeito Peltier. Em 1834 (*Annales de Chimie* 56, p. 371), o físico francês Jean Charles Athanase Peltier (1785-1845) observou que uma junção de dois metais, bismuto e cobre (Bi e Cu) se tornava mais quente quando era percorrida por uma corrente elétrica no sentido do bismuto para o cobre, e se esfriava, quando esse sentido era invertido, constituindo-se, portanto, em um *efeito eletrotérmico*, mais tarde denominado efeito Peltier. Vejamos como Peltier chegou a essa descoberta. Em 1827 (*Annales de Chimie* 34, p. 280) e em 1828 (*Annales de Chimie* 37, p. 118), o físico italiano Leopoldo Nobili (1784-1835) realizou dois tipos de experiências nas quais observou a relação entre corrente elétrica (I) e gradiente de temperatura (dT). Na primeira delas, ele observou o que ocorre quando há um gradiente de temperatura através do condutor no qual circula uma corrente elétrica, denominada por ele de "corrente termoelétrica"; na segunda, ele estudou a corrente elétrica que é gerada em processos envolvendo "condutores úmidos", como a "corrente voltaica" (vide verbete nesta série), denominada por ele de "corrente hidroelétrica". Observe-se que, em 1835 (*Annales de Chimie* 49, pgs. 263; 426), Nobili voltou a realizar novas experiências sobre o "efeito eletrotérmico".

Estimulado pelo trabalho de Nobili, Peltier construiu um galvanômetro sensível para medir a condutividade do antimônio (Sb) e do bismuto (Bi) para pequenas correntes elétricas. O comportamento térmico anômalo apresentado por esses materiais levou-o a construir um termoscópio termoelétrico e a medir a distribuição da temperatura em um termopar (Bi-Cu). Substituindo o termoscópio por um termômetro de ar, Peltier fez então a descoberta referida acima. É oportuno destacar que, em suas experiências iniciais com o Sb e o Bi, Peltier observou que a corrente elétrica produzia uma elevação de temperatura em todas as partes desses condutores, desde que estes mantivessem o mesmo diâmetro. Contudo, como ele estava preocupado apenas com a elevação de temperatura e não com a quantidade de calor (Q) envolvida no processo, não chegou a relacionar esta com a intensidade da corrente elétrica (I). Note-se que esta relação só seria encontrada, em 1841 (*Philosophical Magazine* 19, p. 260), pelo físico inglês James Prescott Joule (1818-1889) ao realizar a seguinte experiência. Tomou um fio metálico e ligou-o a uma pilha de Volta (vide verbete nesta série). Mediu então a quantidade Q, por unidade de tempo t, dissipada no fio devido à corrente elétrica (I) gerada pela pilha. Em decorrência disso, encontrou, então, que essa quantidade era proporcional à resistência elétrica R do fio multiplicado pelo quadrado de I. Na notação atual, esse efeito Joule (também conhecido como lei de Joule) é dado pela expressão:  $Q = \mathbf{A} R I^2 t$ , onde  $\mathbf{A} = \mathbf{1/J}$  e  $\mathbf{J}$  é o equivalente mecânico do calor (vide verbete nesta série).

É oportuno registrar que, como na época em que Nobili e Peltier realizaram suas experiências, primeira metade da década de 1830, estava em plena aceitação a Teoria do Calórico (vide verbete nesta série), a análise das experiências por eles realizadas levou-os a concluir que a corrente elétrica era devida a um "fluxo de calórico". Para maiores detalhes sobre o efeito Peltier, ver os verbetes de B. S. Finn e de J. Z. Buchwald, *IN: Dictionary of Scientific Biography*, op. cit.

Por fim, tratemos do efeito Thomson. Em 1851 (*Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 3, p. 91), em 1852 (*Philosophical Magazine* 3, p. 529) e em 1854 (*Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 21, p. 123), o físico inglês William Thomson (1824-1907) (que se tornou Lord Kelvin, em 1892), estudou matematicamente o efeito Seebeck (1821) e o efeito Peltier (1834), vistos acima. Nesse estudo, observou que havia uma relação entre eles, ou seja (em notação atual):  $\Pi_A^B = T (\epsilon_B - \epsilon_A)$ , onde  $\Pi_A^B$  é o coeficiente de Peltier,  $\epsilon$  é a força eletromotriz térmica de Seebeck, e T é a temperatura absoluta. Contudo, essa relação de proporção direta entre  $\Pi_A^B$  e T (observação inicial de Thomson e, mais tarde, denominada de segunda relação de Kelvin) não se enquadrava com a observação que o físico inglês James Cumming (1777-1861) fizera em 1823 (*Annals of Philosophy* 21, p. 427), qual seja, a de que quando a temperatura da junção entre condutores é gradualmente aumentada, o  $\epsilon$  aumenta até um valor máximo e então começa a decrescer. Desse modo, tentando entender essa contradição, Thomson foi levado a descobrir, em 1856 (*Philosophical Transactions of the Royal Society* 146, p. 649), o que hoje se conhece como efeito Thomson, isto é, em um pedaço de metal há o aparecimento de uma corrente elétrica, se ele estiver sob um gradiente de temperatura (dT). Atualmente, essa descoberta é representada pela expressão (mais tarde conhecida como primeira relação de Kelvin):  $d\Pi_A^B/dT + \tau_A - \tau_B = \epsilon_A - \epsilon_B$ , onde  $\tau$  é o coeficiente de Thomson, definido como o "calor de Thomson" por unidade de corrente elétrica (I) e por unidade de gradiente de temperatura. Registre-se que  $\Pi_A^B$  é definido como o calor que é desprendido na junção entre os condutores A e B quando uma corrente elétrica unitária passa do condutor A ao condutor B. Para maiores detalhes sobre os efeitos estudados neste verbete, além dos textos já referidos, ver ainda: Mark W. Zemansky, *Heat and Thermodynamics* (McGraw-Hill Book Company/Kogakusha, 1957); e Herbert B. Callen, *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics* (John Wiley and Sons, 1985).



**ANTERIOR**

**SEGUINTE**