



1841

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

A Lei de Joule

Manuel Vaz Guedes

“Há poucos factos em Ciência mais interessantes do que aqueles que estabelecem a ligação entre calor e electricidade”.

Foi com esta frase que James Prescott Joule (1818–1889) iniciou a comunicação à Royal Society que foi publicada em 1841 no *Philosophical Magazine*, vol. xix, pp. 260–277.

Procurando apresentar os resultados da sua investigação sobre o “calor produzido pela acção voltaica”, depois de descrever as experiências que realizou e de apresentar os resultados a que chegou, James Joule acaba por estabelecer o enunciado de uma Lei “com grande importância”.

“Quando uma corrente de electricidade voltaica se propaga ao longo de um condutor metálico, o calor desenvolvido num dado tempo é proporcional à resistência do condutor multiplicada pelo quadrado da intensidade eléctrica”.

Neste texto, e na restante parte da comunicação de Joule, está bem patente a dificuldade na expressão dos conceitos e das grandezas físicas que só posteriormente viriam a ser bem caracterizadas, como é o caso de: corrente eléctrica, quantidade de electricidade, tensão e resistência eléctrica.

A Experimentação

Considerando que era bem conhecido a facilidade com que um condutor metálico era aquecido por uma corrente voltaica estava na proporção inversa do seu poder condutor, James P. Joule começa por descrever a aparelhagem utilizada nas suas experiências.

Quanto ao galvanómetro (ver página seguinte), utilizado para dar informação sobre intensidade de corrente eléctrica [mas aqui Joule chama-lhe *quantitie of electricity*], era baseado na bússola galvanométrica de C. Pouillet (1837) e a



gradação nos estudos de M. Faraday sobre electrólise. O termómetro (T), com uma gradação Fahrenheit, permitia uma precisão de décimas de °F. O fio metálico condutor estava colocado no interior de um tubo de vidro (A), que era mergulhado no interior de uma dada quantidade de água contida num vaso de vidro (B). Joule certificou-se que quando passava uma corrente eléctrica no condutor metálico, isso não provocava a electrólise da água contida no vaso.

Nas condições da montagem experimental realizada a quantidade de calor libertada pela passagem da corrente no condutor metálico era directamente proporcional à variação da temperatura da água. Restava apenas variar a resistência do condutor e a intensidade da corrente eléctrica para obter os dados necessários à formulação da Lei, o que foi feito em quatro conjuntos de experiências diferentes.

Tomando algumas precauções para no início das experiências manter iguais a temperatura da água e do ambiente, Joule conclui que os efeitos de arrefecimento não afectariam a proporção em que o calor é produzido pela passagem da corrente; por isso, irá comparar razões entre o aumento de temperatura com a razão entre o valor da grandeza física em estudo.

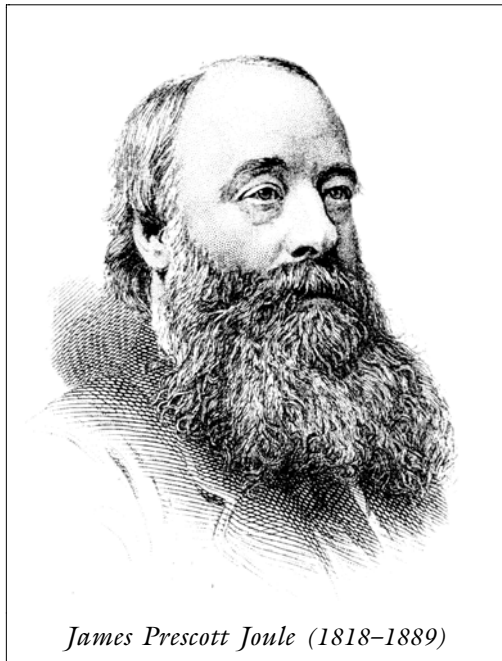
Nas três primeiras experiências, que detalhadamente descreve, James P. Joule estuda a variação da temperatura da água contida no vaso com a variação dos parâmetros do condutor metálico que poderiam influir no valor da resistência eléctrica: secção; material e secção; e material, forma, comprimento e secção.

Comparando a razão entre os dois aumentos de temperatura e o valor da resistência eléctrica obtida por experimentação directa, e verificando que eram muito aproximadamente iguais, conclui que é directa a variação do aumento de temperatura com a resistência do condutor

A Lei de Joule

metálico. Joule esclarece numa nota que anteriormente isso já tinha sido concluído por C. W. Harris, e outros, para a electricidade estática.

Perante o resultado de outras experiências análogas, James P. Joule tirou a conclusão que quando uma dada intensidade de corrente eléctrica passa através de um condutor metálico durante um dado intervalo de tempo, a quantidade de calor libertado é sempre directamente proporcional à resistência eléctrica, “qualquer que fosse o comprimento, a espessura, a forma, ou o tipo do condutor metálico”.



James Prescott Joule (1818–1889)

Antes da quarta experiência estipula que o efeito produzido pelo aumento da intensidade da corrente eléctrica deveria ser proporcional ao quadrado dessa intensidade, justificando-se através de uma analogia mecânica (calor gerado pelo atrito).

Utilizando um condutor de fio de cobre mergulhado numa dada quantidade de água, Joule fez variar a intensidade da corrente. Para os

diferentes valores do aumento da temperatura ao fim de meia e de uma hora, Joule estabeleceu uma tabela com os valores reduzidos ao quadrado da intensidade de corrente. Joule tira a conclusão, que constitui o enunciado da Lei, desprezando pequenas diferenças nos valores obtidos.

Atribui então grande importância à Lei deduzida; iria servir para conhecer melhor os aparelhos térmicos de medida da intensidade da corrente eléctrica e permitiria comparar a electricidade estática e a electricidade voltaica através da quantidade de calor libertada pela sua passagem num condutor metálico.

Depois de estabelecer experimentalmente a Lei que rege o aquecimento de um condutor metálico atravessado por uma corrente eléctrica, na segunda parte da sua comunicação James P. Joule estende a sua investigação aos condutores líquidos começando pela pilha (zinco-ferro em água acidulada) de alimentação do circuito eléctrico.

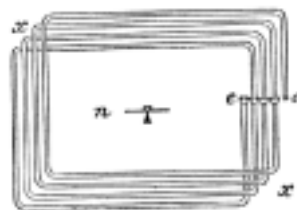
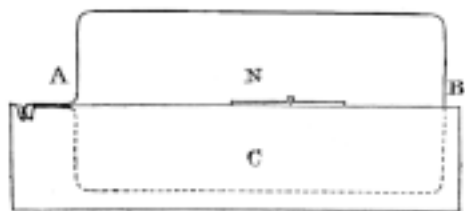
Conclusão

Apesar da consagração patente na atribuição, em do nome de James Prescott Joule à Lei física que rege a libertação de energia calorífica num condutor metálico atravessado por uma corrente eléctrica, pouco está divulgado sobre a data e o modo como a Lei de Joule foi experimentalmente descoberta. Isso deve-se à dificuldade em apresentar o trabalho e realizado no âmbito dos conceitos físicos próprios de 1841.

Bibliografia

Physical Society of London, *The Scientific Papers of James Prescott Joule*, London 1884; Donald Cardwell, *James Joule — a biography*, Manchester University Press 1989; *Joule, James Prescott*, por L. Rosenfeld em *Dictionary of Scientific Biography*, 1972

Galvanómetro



O Instrumento — (baseado na bússola das tangentes de C. Pouillet 1837) Um rectângulo (AB) de barra de cobre (30 cm por 15 cm) é mantido em posição vertical por um bloco de madeira (C) (e disposto segundo o meridiano magnético). Uma agulha magnética (N) com o comprimento de 9,5 cm, assente num pivô de aço e deslocada um pouco do centro da espira de cobre, roda sobre um quadrante circular graduado. James Joule, considerando que o condutor rectangular de cobre apresenta um tamanho muito superior ao da agulha magnética ($30/9,5 \approx 3,2 \times$) (!), toma o valor da “quantidade de corrente eléctrica” muito aproximadamente proporcional à tangente dos desvios da agulha magnética. As pequenas correcções são feitas por um processo descrito num seu artigo de 1840.

A Unidade — a unidade de quantidade de corrente eléctrica utilizada por Joule é o grau de corrente eléctrica [$^{\circ}Q$] — é a quantidade de corrente eléctrica capaz de decompor 583,2 mmg de água por hora. Esta quantidade de corrente eléctrica provocava um desvio de $33,5^{\circ}$ na agulha do galvanómetro que Joule utilizou em 1841.

As Correcções — A correcção é feita através de uma escala circular graduada em unidades de corrente eléctrica — graus [$^{\circ}Q$] — mediante a utilização de várias espiras.