



# CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo  
[www.bassalo.com.br](http://www.bassalo.com.br)



## As Experiências de Millikan, sua Suposta Fraude e o Prêmio Nobel de Física (PNF) de 1923.

Em verbetes desta série vimos que, em 1897, várias experiências conduzidas pelos físicos, os alemães Emil Johann Wiechert (1861-1928) (também geofísico), em janeiro; Walther Kaufmann (1871-1947), em abril; o inglês Joseph John Thomson (1856-1940; PNF, 1906), em agosto; e o alemão Philipp Eduard Anton von Lenard (1862-1947; PNF, 1905) (de origem húngara), em dezembro, determinaram a relação entre a carga do elétron e sua massa:  $e/m$ . Por sua vez, o físico norte-americano Robert Andrews Millikan (1868-1953), por volta de 1906 iniciou, na *Universidade de Chicago*, suas pesquisas para determinar a *carga elétrica elementar* ( $e$ ). Inicialmente, com o estudante Louis Begeman, ele repetiu a experiência realizada pelo físico inglês Harold Albert Wilson (1874-1964), em 1903 (*Philosophical Magazine* 5, p. 429), no *Laboratório Cavendish*, na Inglaterra. Neste tipo de experiência, vapores (nuvens) de gotículas (íons) eram produzidos numa câmara de expansão de vapor entre placas paralelas horizontais de um condensador carregado. Para determinar a carga média  $q$  de cada gotícula, inicialmente eram observadas as camadas superiores das nuvens que caíam lentamente e que continham as menores gotículas. Um grupo caía sob a ação da gravidade  $g$  com a velocidade  $v_1$ , e o outro caía mais depressa com a ajuda do campo elétrico  $E$  estabelecido entre as placas do condensador e com a velocidade  $v_2$ . Usando a *fórmula de Stokes* (1845), pode-se calcular o valor de  $q$ . [Gerald Holton, *A Imaginação Científica* (Zahar Editores, 1979); Steven Weinberg, *The Discovery of Subatomic Particles* (Penguin Books, 1993); María del Pilar Beltrán Soria y René Gerardo Rodríguez Avendaño, *Contacto* 74; 75, p. 43; 53 (Outubro-Diciembre 2009; Enero-Marzo 2010)]. Por exemplo, temos:

$$q = (4\pi/3)(9\mu/2g)^{2/3}[g/E\sqrt{\delta}](v_2 - v_1)\sqrt{v_1} = ne \quad (n = 1, 2, \dots),$$

onde  $\delta$  é a densidade da gota,  $\mu$  é a viscosidade da nuvem e  $e$  é a “carga elétrica elementar”.

Em fevereiro de 1908 (*Physical Review* 26, p. 198), Millikan e Begeman apresentaram os resultados das experiências que realizaram sobre a determinação da carga elétrica de um íon negativo. Nessas experiências, eles usaram o rádio (Ra), em lugar de raios-X, para ionizar o gás úmido, antes da expansão que formava a nuvem de vapor em torno dos íons. Fazendo dez observações, eles encontraram para a carga elétrica de um íon negativo o valor de  $\sim 4,03 \times 10^{-10}$  esu (unidade eletrostática de carga). Note que, em 1903, Thomson (*Philosophical Magazine* 5, p. 346) e Wilson (*Philosophical Magazine* 5, p. 429) realizando experiências semelhantes, encontraram os valores de  $3,4 \times 10^{-10}$  esu e  $3,09 \times 10^{-10}$  esu, respectivamente.

Entre 04 de março e 10 de abril de 1909, o físico austríaco Felix Ehrenhaft (1879-1952) realizou três trabalhos publicados, ainda em 1909 (*Anzeiger der Akademie der Wissenschaften/Viena* 7, p. 72; *Sitzungsberichte Akademie Wissenschaften Mathematisch-Naturwissenschaften Klasse/Viena* 118, p. 321; *Physikalische Zeitschrift* 10, p. 308), nos quais desenvolveu um novo método para medir a carga elétrica ( $e$ ) de pequenas partículas e determinar o que ele denominou de *elektrische elementarquantum* (“quantum elementar elétrico”). O método utilizado por ele era bastante semelhante ao usado por Millikan, porém, como ele usou o campo elétrico na horizontal, ao invés da vertical, como fizera Millikan, isso o impediu de estimar o valor de  $e$  a partir da observação de uma única partícula; ele tinha de observar várias partículas e depois calcular uma média ( $\bar{e}$ ). Assim, nessas experiências realizadas por Ehrenhaft, ele encontrou que:  $\bar{e} = 4,6 \times 10^{-10}$  esu.

Na primavera-verão de 1909, Millikan e Begeman [alertados pelo físico neozelandês-inglês Sir Ernest Rutherford (1871-1937; PNF, 1908) sobre o problema da evaporação, depois de ouvir a explanação de Millikan em um Congresso ocorrido na *Universidade de Chicago* (Beltrán S. y Rodriguez A. (op. cit.))] realizaram novas experiências para determinar  $e$ . Desta vez, contudo, usaram uma bateria de grande potência (10 kV) para criar um campo elétrico maior, agora em oposição ao efeito da gravidade, para imobilizar a camada superior da nuvem de gotículas. Contudo, eles tiveram uma surpresa ao ligar a

bateria e observar que a nuvem se dissipou completamente, ao invés de ficar imobilizada. Observações sucessivas levaram Millikan a descobrir que, depois da “explosão” da nuvem, as minúsculas gotinhas que ali permaneceram proporcionaram, pela primeira vez, a observação de gotas individuais. Assim, com essa nova técnica, encontraram para a *carga elementar elétrica* o valor de  $4,60 \times 10^{-10}$  esu. Apesar de haver melhorado o valor de  $e$ , Millikan não ficou satisfeito, uma vez que o problema da evaporação continuava. Tentativas para contornar esse problema levaram-no ao famoso *experimento da gota de óleo*, conforme veremos a seguir.

Em setembro de 1909, o físico norte-americano Hervey Fletcher (1884-1981) procurou Millikan em busca de um assunto para a sua Tese de Doutorado. Claro que um possível assunto para a mesma seria a determinação de  $e$ . Contudo, como havia o problema da evaporação referida acima, este foi discutido entre Millikan, Begeman e o novato Fletcher. Para contornar aquele problema, foram sugeridas algumas substâncias, inclusive o óleo, pois, segundo Fletcher, seria de melhor manuseio, usando um atomizador de perfume. Em 09 de outubro, Millikan preparou uma primeira versão dessa experiência (realizada com Begeman e Fletcher) e o enviou para a *Philosophical Magazine*, que só o publicou em 1910, no volume 19, p. 209. Logo depois, em 23 de outubro de 1909, na reunião da *American Physical Society*, em Princeton, Millikan voltou a apresentar os primeiros resultados da famosa *experiência da gota de óleo* (ver detalhes nas referências citadas acima), que foram publicados ainda em 1909 (*Physical Review* 29, p. 560). Neste artigo, relatando a experiência acima, Millikan apresentou o seguinte valor:  $e = 4,69 \times 10^{-10}$  esu. Sobre esse artigo, é oportuno destacar alguns aspectos curiosos. Embora esse artigo haja sido realizado levando em consideração a ideia de Fletcher (borrificar gotículas de óleo diretamente na placa superior do condensador usando o atomizador), Millikan “convenceu-o” de que esse primeiro trabalho só deveria levar o nome do “chefe” experiência, e que os nomes de Begeman e de Fletcher seriam incluídos em outros trabalhos. Registre-se que, em junho de 1982 (*Physics Today* 35, p. 43), em uma publicação póstuma, Fletcher apresentou sua versão dessa famosa *experiência da gota de óleo*. Registre-se, também, que essa experiência foi o principal motivo que levou Millikan a ganhar o Prêmio Nobel de 1923 (PNF23). Aliás, em sua Nobel Lecture (23 de Maio de 1924), Millikan não faz nenhuma referência a Begeman, Fletcher e Ehrenhaft. Este, conforme vimos antes, trabalhou isoladamente na determinação de  $e$ , e em 1909, e continuou a trabalhar nela como veremos a seguir.

Em 21 de abril e 12 de maio de 1910, Ehrenhaft apresentou à *Academia de Ciência de Viena* novos resultados de experiências sobre a determinação do *elektrische elementarquantum*, que foram publicados, ainda em 1910 (*Anzeiger der Akademie der Wissenschaften/Viena* 10; 13, p. 118; 815). Desta vez, usando um campo elétrico na vertical, ele realizou 300 medidas da carga elétrica em partículas de platina (Pt) e de prata (Ag). As 22 medidas de cargas reproduzidas por Ehrenhaft, se encontram no seguinte intervalo:  $1,38 - 7,53 \times 10^{-10}$  esu. Em vista desse intervalo de valores, concluiu que as partículas carregadas não só têm uma carga elétrica simples ou dupla, mas também podem ter cargas *entre e abaixo* desses valores  $e$ , desse modo, propôs a existência de *subelétrons*  $e$ , mais ainda, que a carga elétrica indivisível não deveria existir na Natureza, pelo menos abaixo do valor mínimo de  $0,9 \times 10^{-10}$  esu, que corresponde a um valor fracionário ( $\sim 2/3$ ) do valor médio de  $e$ :  $3,0 \times 10^{-10}$  esu. Aliás esse valor médio também foi obtido por K. Przibram, em 1910 (*Anzeiger der Akademie der Wissenschaften/Viena* 1, p. 175), ao repetir as experiências de Millikan. Note que, em 23 de abril ainda de 1910, Millikan participou da reunião da *American Physical Society*, no qual apresentou um novo valor para  $e$ :  $4,9016 \times 10^{-10}$  esu, que foi publicado em julho de 1910 (*Physical Review* 31, p. 92) e em setembro de 1910 (*Science* 32, p. 439). Note que, nesse artigo, Millikan afirma que o método do atomizador para obter gotas esféricas bem diminutas, cuja autoria foi reivindicada por Fletcher, já havia sido desenvolvido por J. Y. Lee, em janeiro de 1908, em suas investigações sobre o movimento browniano. Seria este o motivo de Millikan não se referir a Fletcher em sua Nobel Lecture? Contudo, nesta *Lecture*, Millikan também não fala em Lee e nem cita seu artigo de 1910. Em 1911, em trabalhos independentes, Millikan (*Physikalische Zeitschrift* 12, p. 161; *Physical Review* 32, p. 392) e Fletcher (*Physikalische Zeitschrift* 12, p. 202; *Physical Review* 33, p. 107) registraram novos resultados para o valor de  $e$ . Em 1913 (*Physical Review* 2, p. 139), Millikan, por exemplo, apresentou o valor de  $(4,774 \pm 0,009) \times 10^{-10}$  esu que ele considerou como definitiva. O atual valor do *quantum elementar de carga elétrica* ( $e$ ) vale:  $4,803206 \times 10^{-10}$  esu =  $1,602177 \times 10^{-19}$  C (coulombs).

Na conclusão deste verbete é oportuno registrar uma possível *fraude* (para alguns historiadores da ciência) de Millikan sobre suas famosas experiências. Segundo vimos acima, em suas experiências de 1910, Ehrenhaft havia encontrado valores fracionários para a carga elétrica: os seus *subelétrons*. Por sua vez, Millikan, em suas experiências realizadas entre 11 de novembro de 1911 e 16 de abril de 1912, havia trabalhado com 140 gotas. Contudo, como 82 delas apresentavam valores abaixo

da média, que era em torno de  $4,7 \times 10^{-10}$  esu, Millikan publicou, em 1913, os resultados de somente 58 gotas (omitindo as 82 restantes), cuja carga elétrica média foi considerada por ele como definitiva, ou seja:  $e = (4,774 \pm 0,009) \times 10^{-10}$  esu. Para maiores detalhes sobre a razão de Millikan não considerar as 82 gotas, ver: Holton, op. cit.; Beltrán S. y Rodriguez A. (op. cit.); e Robert P. Crease, Os 10 mais belos experimentos científicos (Jorge Zahar, 2006).

---



[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)