



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo
www.bassalo.com.br



A Difração de Broglieana do Elétron, o Prêmio Nobel de Física (PNF) de 1937 e o Efeito Kapitza-Dirac.

Em verbetes desta série, vimos que o físico francês, o Príncipe Louis Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987; PNF, 1929), em 1923 (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 177, p. 507; 548; 630), 1924 (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 179, p. 39) e 1925 (*Annales de Physique* 3, p. 22) apresentou a ideia de associar uma onda de comprimento λ a um elétron de momento linear mv , por intermédio da expressão $\lambda = h / mv$, onde h é a *constante de Planck*. Essa proposta confirmou a conjectura de que um feixe de elétrons poderia sofrer difração. Vejamos como ocorreu essa conjectura.

A primeira conjectura de que os elétrons poderiam ser difratados foi apresentada pelo físico alemão Walter Maurice Elsasser (1904-1991), em 1925 (*Naturwissenschaften* 13, p. 711), ao examinar, com o conhecimento dos trabalhos de de Broglie, os resultados das experiências realizadas, em 1921 (*Science* 54, p. 522), 1922 (*Physical Review* 19, p. 253; 534) e 1923 (*Physical Review* 22, p. 242), pelos físicos norte-americanos Clinton Joseph Davisson (1881-1958; PNF, 1937) e Charles Henry Kunsman (1870-1970), sobre o espalhamento elástico de elétrons no níquel (Ni), no alumínio (Al) e em cristais policristalinos de platina (Pt) e magnésio (Mg). Em seu exame, Elsasser interpretou o espalhamento observado dos elétrons como decorrente de uma difração.

Uma segunda conjectura ocorreu da seguinte maneira. No verão de 1926, Davisson foi participar de uma *Conferência Internacional*, em Oxford, na Inglaterra, ocasião em que teve oportunidade de discutir seus resultados experimentais vistos acima e realizados nos *Bell Telephone Laboratories*, nos Estados Unidos, e, principalmente, sobre o acidente que ocorrera em um determinado dia de abril de 1925, em uma daquelas experiências. Com efeito, nesse dia de abril, explodiu um frasco de ar líquido no instante em que o alvo de Ni estava em uma temperatura alta. Desse modo, esse metal ficou fortemente oxidado pelo ar invasor e, para eliminar essa oxidação, o Ni foi submetido a um aquecimento prolongado. Quando as experiências de espalhamento eletrônico foram retomadas, a distribuição angular dos *elétrons espalhados* havia sido completamente mudada. De volta aos Estados Unidos, Davisson e o físico norte-americano Lester Halbert Germer (1896-1971), voltaram a realizar experiências de feixes de elétrons em Ni, porém, agora com a convicção de observarem difração e não mais simplesmente o espalhamento eletrônico. Assim, em abril de 1927 (*Nature* 119, p. 558; *Physical Review* 30, p. 705), Davisson e Germer publicaram o famoso artigo sobre a difração de elétrons em monocristais de Ni. Logo depois, em junho de 1927 (*Nature* 119, p. 890), os físicos ingleses Sir George Paget Thomson (1892-1975; PNF, 1937) [filho de Sir Joseph John Thomson (1856-1940; PNF, 1922)] e Alexander Reid anunciaram que também haviam observado a difração de elétrons, porém, em finas lâminas de celulóide. Note que a confirmação do aspecto onda-corpúsculo do elétron valeu a Davisson e a George Thomson, o PNF de 1937, e os detalhes de suas experiências podem ser vistos em: Clinton Joseph Davisson, Nobel Lecture (13 de dezembro de 1937) e George Paget Thomson, Nobel Lecture (07 de Junho de 1938).

Em 1933 (*Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 29, p. 297), os físicos, o russo Pyotr Leonidovich Kapitza (1894-1984; PNF, 1978) e o inglês Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984; PNF, 1933) apresentaram a ideia de que elétrons poderiam ser difratados por um campo luminoso estacionário formado pela retro-reflexão, em um espelho, de um feixe de luz colimado. Este fenômeno, conhecido desde então como efeito Kapitza-Dirac (EK-D), é análogo à difração da luz por uma rede de difração, mas com os papéis da onda e da matéria trocados, ou seja, os elétrons formam

uma onda enquanto a luz representa o papel de uma rede de difração. Nesse artigo, Kapitza e Dirac estimaram que a intensidade relativa entre o feixe eletrônico defletido é o incidente, poderia ser 10^{-14} usando uma lâmpada de arco de mercúrio (Hg). Contudo, para se obter uma relação 50/50, era necessário luz bastante coerente, que só seria conseguida com luz de altíssima intensidade. Por essa razão, a medida do EK-D só foi pensada em ser realizada com a invenção do *laser* (“light amplification by stimulated emission radiation”), pelo físico norte-americano Theodore Harold Maiman (1927-2007), em 1960 (*Physical Review Letters* 4, p. 564).

Muito embora, nas décadas de 1960 e 1970, várias tentativas de medir o EK-D usando *laser* tivessem sido realizadas, a primeira observação experimental desse efeito só foi realizada por Phillip L. Gould, G. A. Ruff e David E. Pritchard, em 1986 (*Physical Review Letters* 56, p. 827) e confirmada, em 1988 (*Physical Review Letters* 60, p. 515), por P. J. Martin, B. G. Oldaker, A. H. Miklich e Pritchard. Nessas experiências, sugeridas por S. Altshuler, L. M. Frantz e R. Braunstein, em 1966 (*Physical Review Letters* 17, p. 231), foi usado um feixe atômico bem colimado passando através de um feixe estacionário de luz *laser*. No começo do Século 21, em 2001 (*Nature* 413, p. 142), D. L. Freimund, K. Aflatooni e Herman Batelaan anunciaram haver observado a difração livre de elétrons por uma onda de luz *laser* intensa estacionária. Para detalhes do EK-D, ver: Herman Batelaan, *Contemporary Physics* 41, p. 369 (2000).



[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)