



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Compton, seu Efeito e os Raios Cósmicos. .

Em 1905 (*Annales de Physique Leipzig* 17, p. 132), o físico germano-suíço-norte americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921) explicou o efeito fotoelétrico assumindo que a luz (de frequência ν) é um pacote de energia $h\nu$, o Lichtquantum, onde h é a constante de Planck. Registre-se que, em 1926 (*Nature* 118, p. 874), esse "pacote Einsteniano" recebeu o nome de **fóton** dado pelo químico norte-americano Gilbert Newton Lewis (1875-1946). Ainda em 1905 (*Annales de Physique Leipzig* 18, p. 639), Einstein demonstrou que a massa (m) de um corpo, dotado de uma velocidade v , é o seu conteúdo de energia (E) e que são relacionados pela famosa expressão:

$E=mc^2$, onde c é a velocidade da luz no vácuo, e $m = m_0\gamma$, com $\gamma = [1 - (v/c)^2]^{-1/2}$. Mais tarde, em 1916 (*Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 18, p. 318; *Mitteilungen der Physikalischen Gesellschaft zu Zürich* 16, p. 47), ao estudar a radiação Planckiana do corpo negro, Einstein considerou pela primeira vez que a radiação eletromagnética, em particular a luz (de comprimento de onda λ), carregava um momento linear p definido por: $m = m_0\gamma$. É oportuno destacar que, em 1909, o caráter dual [onda(λ)-partícula(p)] da radiação eletromagnética já havia sido cogitado, pelo próprio Einstein ao estudar o equilíbrio termodinâmico dessa radiação (*Physikalische Zeitschrift* 10, p. 185), assim como pelo físico alemão Johannes Stark (1874-1957; PNF, 1919), ao explicar o **Bremsstrahlung** ("Radiação de frenagem") (*Physikalische Zeitschrift* 10, p. 902).

O aspecto dual da radiação eletromagnética referida anteriormente foi observado pelo físico norte-americano Arthur Holly Compton (1892-1962; PNF, 1927), em 1923 (*Physical Review* 21, p. 483), em seu estudo sobre o espalhamento de raios-X pela matéria. Nesse estudo, ao considerar os princípios relativísticos de conservação da energia e do momento linear, quer para a radiação-X, quer para o elétron constituinte da matéria, Compton demonstrou a seguinte expressão:

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) \quad \text{sendo } (h/mc = \lambda_c \equiv \text{comprimento de onda Compton})$$

onde λ' e λ representam, respectivamente, os comprimentos de onda dos raios-X, depois e antes de ser espalhados por elétrons de massa m , e θ Bulletin of the National Research Council of the U. S. A., e comunicada na Reunião da *American Physical Society*, em 1 e 2 de dezembro de 1922. Observe-se que, ainda em 1923 (*Physikalische Zeitschrift* 24, p. 161), observação análoga a essa de Compton foi realizada pelo físico e químico holandês Petrus Joseph Wilhelm Debye (1884-1966, PNQ, 1936). Em vista disso, o espalhamento de raios-X por elementos leves, é também conhecido como **Efeito Compton-Debye** (EC-D).

Muito embora Compton haja considerado os princípios relativísticos de conservação da energia e do momento linear, para os raios-X e para o elétron, na dedução da expressão acima, confirme frisamos, essas considerações eram questionadas por eminentes físicos, dentre os quais o dinamarquês Niels Henrik David Bohr (1885-1962; PNF, 1922) e o alemão Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld (1868-1951). Por exemplo, em 1924 (*Philosophical Magazine* 47, p. 785), o

próprio Bohr e os físicos, o holandês Hendrik Anthony Kramers (1894-1952) e o norte-americano John Clarke Slater (1900-1976) formularam a hipótese (BKS) de que os princípios de conservação da energia e do momento linear não valiam para processos microscópicos, como o caso do efeito observado, independentemente, por Compton e Debye, e que eles só valiam estatisticamente para fenômenos macroscópicos.

Contudo, ainda em 1924 (*Zeitschrift für Physik* 26, p. 44), experiências mais refinadas sobre esse efeito e realizadas pelos físicos alemães Walther Bothe (1891-1957; PNF, 1954) e Hans Wilhelm Geiger (1882-1945) mostraram a inconsistência da hipótese BKS e a validade da hipótese das leis de conservação da energia e do momento linear, usadas por Compton, para a explicação dos resultados experimentais que haviam conseguido. O mesmo ocorreu com a experiência realizada, em 1925 (*Physical Review* 25, p. 107; 306; 26, p. 289), pelo próprio Compton, auxiliado por Alfred Walter Simon. Depois de várias experiências realizadas sobre o EC-D, comprovando aquela inconsistência e a validade das leis de conservação para a sua explicação, esse efeito teve uma explicação teórica mais acurada (por intermédio do formalismo da segunda quantização Diraciana), que foi a apresentada pelos físicos, o sueco Oskar Benjamin Klein (1894-1977) e o japonês Yoshio Nishina (1890-1951), em 1929 (*Zeitschrift für Physik* 52, p. 853) a hoje famosa **equação de Klein-Nishina**. Maiores detalhes sobre o EC-D, ver: Abraham Pais, **Niels Bohr's Times, in Physics, Philosophy, and Polity**. Clarendon Press/Oxford (1991); Edmund Whittaker, **A History of the Theories of Aether and Electricity: The Modern Theories (1900-1926)**, Thomas Nelson and Sons, Ltd. (1953); B. Baseia, *Revista Brasileira de Ensino de Física* 17, p. 1 (1995).

Além desse trabalho relacionado com o espalhamento dos raios-X pela matéria, Compton também era interessado no estudo dos **raios cósmicos**. Com relação a esse seu interesse por essas partículas, descobertas pelo físico austro-norte-americano Victor Franz Hess (1883-1964; PNF, 1936) em 1910, há dois episódios inusitados que aconteceram com Compton. Certa vez, ele foi preso em um mosteiro no sul do México, para onde se dirigiu a fim de realizar medidas sobre a intensidade daqueles raios. Os soldados mexicanos que o prenderam, pensavam que o chumbo que Compton levava, poderia ser empregado na fabricação de balas de canhão, uma vez que, nessa época, existia uma querela entre a Igreja Católica e o Governo Mexicano. Será que o porte atlético de Compton, que já fora campeão de tênis, e sua habilidade em tocar guitarra havaiana, também contribuíram para a prisão referida?

O outro episódio aconteceu no Brasil. Vejamos como. Em 1939, o físico russo-italo-brasileiro Gleb Wataghin (1899-1986) liderava um grupo de pesquisas experimentais, do qual participavam os físicos, o italiano Giuseppe Paolo Stanislao Occhialini (1907-1993) e os brasileiros Paulus Aulus Pompéia (1911-1992), Marcello Damy Souza Santos (n.1914), Oscar Sala (n.1922), Roberto Aureliano Salmeron (n.1922), Cesare (César) Mansueto Giulio Lattes (1924-2005) e Yolande Monteux. Dentre essas pesquisas, uma se relacionava com a medida da intensidade dos raios cósmicos e, para tal medida, eram usados aviões da *Força Aérea Brasileira* (FAB) que iam até a altura de 7 km, conforme destaca o sociólogo brasileiro Simon Schwartzman (n.1939) no livro que organizou e intitulado **Formação da Comunidade Científica no Brasil** (Editora Nacional, 1979). Como Compton pretendia realizar medidas dos raios cósmicos nos Andes bolivianos, Wataghin, naquele mesmo ano de 1939, convidou-o a vir ao Brasil para discutir os resultados de suas pesquisas, bem como a realização de um *Simpósio Internacional sobre Raios Cósmicos*. Para conseguir recursos para sua pesquisa e, também, para esse Congresso, marcou uma audiência com o Governador de São Paulo, o político brasileiro Ademar Pereira de Barros (1901-1969). Pois bem, acompanhado de Sala, Wataghin começou a descrever, para o Governador paulista, as maravilhas dos raios cósmicos, a importância das pesquisas que estava realizando e a necessidade de divulgá-las para a comunidade científica internacional especialista nesse assunto. Segundo o físico brasileiro [Henrique Fleming](#) (n. 1938), depois de ouvir toda a

explicação de Wataghin, Ademar de Barros abriu uma gaveta e disse o seguinte: *Professor, pegue aí o dinheiro que quiser, e que Deus o ajude com os seus raios cósmicos!*

Certamente o leitor ficou curioso em saber qual a origem desse dinheiro ofertado por Ademar de Barros ao professor Wataghin, uma vez que o Governador ofereceu sem a necessidade de prestação de contas. Podemos especular duas origens. A primeira, seria dele próprio, já que era originário de uma família imensamente rica, pertencente aos famosos "barões do café". A segunda, de uma "caixinha", hoje conhecida como o famigerado "Caixa 2", cujos contribuintes eram pessoas ligadas ao "jogo do bicho" e, também, a grandes empreiteiras. Meu amigo Fleming, por e-mail, me disse que acredita na primeira origem, pois, Ademar de Barros, que era médico, antes de se interessar pela política e depois de se formar na Escola Nacional de Medicina, no Rio de Janeiro, fez pós-graduação no Brasil, nos Estados Unidos e em vários países da Europa. Portanto, essa convivência com vários médicos que, certamente, pesquisavam em suas áreas, lhe fez entender o significado e a importância das pesquisas realizadas pelo professor Wataghin.

É oportuno dizer que os trabalhos realizados por Wataghin, Pompéia e Marcello Damy sobre raios cósmicos, publicados na *Physical Review* 57, p. 61 e nos *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 12, p. 229, e estudados teoricamente pelo físico brasileiro Mário Schenberg (1914-1990) nos *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 12, p. 281, todos no ano de 1940, tiveram uma importância fundamental para a Física dos Raios Cósmicos, uma vez que tais trabalhos mostraram que na **componente mole** desses raios (também conhecida como **chuveiros penetrantes**) havia uma produção múltipla de mésons em uma só direção e não uma produção plural dos secundários penetrantes como se acreditava. Essa importância ficou evidente com a descoberta dos "mésons pi", em 1947, na célebre experiência realizada pelos físicos, os ingleses Sir Cecil Frank Powell (1905-1969; PNF, 1950) e Hugh Muirhead, além de Lattes e Occhialini. (Sobre essa descoberta, ver o verbete sobre Lattes.) Também é oportuno dizer que o Congresso referido acima foi realizado no Rio de Janeiro, em 1941, com a presença de Compton, e no qual os trabalhos de Wataghin e seu grupo foram apresentados e tiveram uma grande repercussão, segundo descreve o físico brasileiro Shozo Motoyama (n.1940). [Ver seu artigo no livro **História das Ciências no Brasil**, Volume 1 (E.P.U./EDUSP, 1979), que foi organizado por ele e pelo botânico e ecólogo brasileiro Mário Guimarães Ferri (1918-1985).]

[Página Inicial](#)

[ANTERIOR](#)

[SEGUINTE](#)