




SEARA DA CIÊNCIA

CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Observação e Explicação do Efeito Fotoelétrico.

Em trabalho publicado em 1887 (*Annalen der Physik* 31, p. 421), o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) registrou as experiências realizadas com osciladores e, com estes, produziu radiações eletromagnéticas, hoje conhecidas como microondas ou ondas Hertzianas. Esse dispositivo usado por Hertz era constituído de duas esferas metálicas, cada uma portadora de uma haste, tendo em sua extremidade uma outra esfera metálica, porém pequena, estando ambas as hastes ligadas por uma bobina de Rühmkorff. [Note-se que esse dispositivo, capaz de produzir centelhas de comprimentos moderados, foi inventado em 1851, pelo mecânico e eletricista alemão Heinrich Daniel Rühmkorff (1803-1877).] Pois bem, ao alimentar essa bobina com um circuito elétrico oscilante, Hertz observou que havia faíscas (centelhas) entre as esferas metálicas, faíscas essas que deviam produzir uma radiação eletromagnética, conforme havia sido preconizada pelo físico e matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), em 1865 (*Philosophical Magazine* 29, p. 152; *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 155, p. 459). Desse modo, usando um ressoador (fio grosso de cobre e circular e interrompido por um pequeno arco, tendo em uma de suas extremidades uma pequena esfera, e na outra, um parafuso que podia avançar ou recuar para controlar a abertura do circuito) Hertz encontrou o valor de 66 cm para o comprimento de onda daquela radiação. Foi por ocasião dessas experiências que Hertz observou que, quando a esfera negativamente eletrizada de seu oscilador era iluminada com luz ultravioleta, as centelhas surgiam mais facilmente. Logo depois, em 1888, o engenheiro e físico italiano Augusto Righi (1850-1920) percebeu que, quando dois eletrodos eram expostos a uma radiação ultravioleta, eles atuavam como um *par voltaico*. A esse fenômeno Righi deu o nome de efeito foto-elétrico. É oportuno observar que Righi publicou, em 1897, o livro intitulado *L'Optica delle Oscillazioni Elettriche*, no qual registrou o resultado de suas experiências com as ondas Hertzianas. Ainda em 1888 (*Annales de Chimie et Physique* 33; 34, pgs. 301; 731), o físico alemão Wilhelm Hallwachs (1859-1922) realizou experiências nas quais observou que uma placa de zinco  descarregada e isolada, passava a carregar-se positivamente quando recebia radiação ultravioleta proveniente de uma lâmpada de quartzo. Em 1889 *Annales de Chimie et Physique* 37, p. 666), Hallwachs anunciou que outros metais [rubídio (Rb), potássio (K), sódio (Na), lítio (Li), magnésio (Mg) e tório (Th)] se comportavam como o zinco, quando iluminados com luz ultravioleta. É oportuno notar que, por essa época, esse fenômeno também era conhecido como efeito Hallwachs, conforme afirmam R. G. W. Brown e E. R. Pike no livro *Twentieth Century Physics III* (Institute of Physics Publishing and American Institute of Physics Press, 1995).

Antes de Hertz, Righi e Hallwachs, o físico russo Aleksandr Grigoryevich Stoletov (1839-1896) já havia realizado, em 1872, uma primeira observação experimental sobre o efeito foto-elétrico. O experimento de Stoletov consistiu do seguinte: dois discos metálicos de 22 cm de diâmetro (um maciço e o outro em forma de rede) foram colocados verticalmente frente a um arco voltaico, unidos por intermédio de uma bateria elétrica e de um galvanômetro. Durante a iluminação (com luz ultravioleta provinda desse arco) do disco metálico maciço, unido ao pólo negativo da bateria, foi registrado uma corrente elétrica através do galvanômetro, quando a tensão entre os bornes da bateria se fixava em 0,01 volts. Em 1888 (*Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris* 106, p. 1149), Stoletov desenvolveu um método experimental para estudar o efeito foto-elétrico, cujos resultados foram apresentados em um trabalho preparado em 1889, intitulado *Aktinoelektricheskie issledovania* ("Investigações actinoelétricas"). Nesse trabalho, reuniu as experiências que realizou, nas quais observou que havia perda de carga elétrica negativa em um metal iluminado com luz ultravioleta. Mais especificamente, ele observou que, iluminando a placa negativa de um condensador com esse tipo de luz, percebia-se uma corrente elétrica contínua em um circuito contendo esse condensador, cuja intensidade era proporcional à intensidade da luz incidente e à área iluminada. Além do mais, investigando a relação entre essa foto-corrente e a diferença de potencial externa ao circuito

considerado, Stoletov descobriu a existência de uma corrente de saturação. Essas são, portanto, as primeiras leis do efeito foto-elétrico.

Apesar dessas observações de Stoletov, Hertz, Righi e Hallwachs sobre o efeito foto-elétrico, é ao físico húngaro-alemão Philipp Eduard Anton von Lenard (1862-1947; PNF, 1905), assistente de Hertz, que se atribui a descoberta das leis desse novo fenômeno físico. Com efeito, em 1899 começou a realizar experiências que o levaram a essa descoberta. Nessas experiências, observou que elétrons eram emitidos de superfícies metálicas quando nelas incidiam radiação eletromagnética. No entanto, somente em 1902 (*Annales de Physique, Leipzig* 8, p. 149), Lenard apresentou as hoje conhecidas leis do efeito foto-elétrico:

1. Os elétrons emitidos têm velocidades iniciais finitas, são independentes da intensidade da luz incidente, porém, dependem de sua frequência;
2. O número total de elétrons emitidos é proporcional à intensidade da luz incidente.

Essas leis, contudo, não eram explicadas pelo eletromagnetismo que o físico e matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) desenvolvera em seu famoso livro *A Treatise on Electricity and Magnetism* (Dover, 1954), publicado pela primeira vez em 1873. Por exemplo, segundo esse eletromagnetismo, quanto mais intensa a radiação eletromagnética incidente em um material foto-elétrico, maior seria a velocidade do elétron arrancado. Além do mais, como essa radiação era distribuída em uma onda, de acordo com o *eletromagnetismo Maxwelliano*, era necessário um tempo razoável para que tal radiação arrancasse elétrons do material emissor.

Esse fenômeno foi explicado heurísticamente pelo físico germano-suíço-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921), em 1905 (*Annales de Physique, Leipzig* 17, p. 132) com sua interpretação quântica da luz. A idéia de Einstein era bastante simples, pois admitiu que a energia da radiação eletromagnética não era distribuída uniformemente sobre as frentes de ondas de frequência e sim, concentrada em pequenas regiões, isto é, eram verdadeiros “pacotes” de energia denominados por Einstein de **Lichtquantum** (“quantum de luz”). Portanto, no efeito foto-elétrico, o “quantum de luz” ao colidir com um elétron do átomo emissor, cede uma parte de sua energia ao elétron, que o utiliza para vencer a energia de ligação que o liga ao átomo, e a diferença, pelo Princípio da Conservação da Energia, é a energia cinética com que o elétron sai do material, isto é: Registre-se que essa simples expressão explicou as leis de Stoletov-Lenard, como facilmente se pode ver. É oportuno destacar que, em 1914 (*Physical Review* 4, p. 73), o físico norte-americano Robert Andrews Millikan (1868-1953; PNF, 1923) apresentou o resultado de suas primeiras experiências sobre a determinação da constante de Planck h usando essa expressão de Einstein. Em suas experiências, Millikan iluminou, com luz visível emitida pelo mercúrio (Hg), vários metais alcalinos fotossensíveis. Novos resultados foram apresentados por Millikan, em 1915 (*Physical Review* 6, p. 55) e, em 1916 (*Physical Review* 7, pgs. 18; 355). Note-se que o valor de h obtido por Millikan, por intermédio do efeito foto-elétrico, diferiu de apenas 0.5% do valor teórico que o físico alemão Max Karl Ernest Planck (1858-1947; PNF, 1918) havia proposto, em 1900 (*Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 2, p. 237), em sua célebre *Teoria Quântica*: Observe-se que o **quantum de luz Einsteniano (Lichtquantum)** recebeu o nome de **fóton**, em 1926 (*Nature* 118, p. 874), cunhado pelo químico norte-americano Gilbert Newton Lewis (1875-1946), e que o PNF (1921) recebido por Einstein foi devido a sua explicação do **efeito foto-elétrico**.