AS ONDAS DE MATÉRIA

Albino Rafael

Com a explicação do efeito fotoeléctrico pelos fotões Einstein introduziu, sem que isso o preocupasse muito, o problema da *dualidade onda-corpúsculo* na Física moderna. A luz era ao mesmo tempo onda (perturbação com frequência f que se propaga no vazio com velocidade c) e corpúsculo (concentrado de energia localizado no fotão). Os fenómenos de interferência e difracção revelam-nos os aspectos ondulatórios da luz, os fenómenos fotoeléctricos e de interacção entre luz e electrões (efeito Compton) revelam-nos a natureza corpuscular da luz.

Louis de Broglie propôs, em 1924, uma das ideias mais originais da Física moderna: se a luz (radiação electromagnética) tem um aspecto corpuscular, porque é que as partículas materiais não teriam, em contrapartida, um aspecto ondulatório? Os níveis de energia quantificados dos átomos tinham sido descobertos e sabia-se, também, que níveis discretos de energia se obtêm com ondas estacionárias (corda a vibrar presa nas extremidades). Não estaria a quantificação ligada a um eventual comportamento ondulatório dos electrões?

Numa onda electromagnética, a energia e o momento linear relacionam-se com a frequência através das equações

$$E = hf$$

$$p = \frac{hf}{c}.$$

Lembrando que, para qualquer fenómeno de propagação por ondas, é válida a relação

$$c = \frac{h}{\lambda},$$

pode-se relacionar o momento linear p com o comprimento de onda λ

$$\lambda = \frac{h}{p}. \qquad (1)$$

Vamos calcular o comprimento de onda de De Broglie de uma partícula de carga q e massa de repouso m_0 que foi acelerado através de uma diferença de potencial ΔV.

A energia total da partícula é dada por

$$E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4$$

ou

$$E = E_c + m_0c^2$$

(Nota: a energia de repouso, $E_0 = m_0c^2$, inclui todas as formas de energia interna de um sistema).

$$\left(E_c + m_0c^2\right)^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4$$

$$pc = \sqrt{E_c^2 + 2m_0c^2E_c}$$

$$pc = \sqrt{2m_0c^2E_c\left(1 + \frac{E_c}{2m_0c^2}\right)}$$

$$p = \sqrt{2m_0E_c\left(1 + \frac{E_c}{2m_0c^2}\right)} \qquad (2)$$

Substituindo a equação (2) na equação (1), vem

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0E_c\left(1 + \frac{E_c}{2m_0c^2}\right)}}$$

(Nota: Repare que, no limite clássico ($v << c$), $1 + \frac{E_c}{2m_0c^2} \approx 1$ e $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0E_c}}$)

Fazendo $E_c = q\Delta V$, vem

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0q\Delta V\left(1 + \frac{q\Delta V}{2m_0c^2}\right)}}$$