



SEARA DA CIÊNCIA CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Bassalo



Uma Possível Interpretação Física do Comprimento de Onda Compton.

Em verbetes desta série vimos que, em 1905 (*Annalen der Physik* **17**, p. 132), o físico germano-suíço-norte-americano Albert Einstein (1879-1955; PNF, 1921) propôs que a luz, no vácuo, com velocidade c e frequência ν (e comprimento de onda $\lambda = c/\nu$), se comporta como um “pacote (*quantum*) de energia” dado por: $E = h \nu$, onde h é a **constante de Planck**. Ainda em 1905 (*Annalen der Physik* **17**; **18**, pgs. 891; 639), Einstein demonstrou que a energia total de um corpo (E), de massa de repouso (m_0), é dada por $E = m c^2$, onde $m = m_0 \gamma = m_0 [1 - (v/c)^2]^{-1/2}$ é a **massa inercial**. Essa expressão da energia, que também pode ser escrita na forma: $E^2 = p^2 c^2 + (m_0 c^2)^2$, com $p = m v$, mostra que um corpo em repouso, em que sua velocidade é nula ($v = 0$), tem energia dada por $E_0 = m_0 c^2$, conhecida como **energia de repouso**. Mais tarde, em 1909, em trabalhos independentes, Einstein (*Physikalische Zeitschrift* **10**, p. 185) e o físico alemão Johannes Stark (1874-1957; PNF, 1919) (*Physikalische Zeitschrift* **10**, p. 902), propuseram as primeiras idéias de que o *quantum* de luz Einsteiniano apresentava um caráter dual “onda-partícula”, dado por: $p = h/\lambda$, com $p = mc$. É oportuno registrar que, como a luz tem velocidade c , a expressão para m vista acima adquire o valor infinito, a menos que $m_0 = 0$, para a luz. Portanto, para a luz, a sua massa m é sempre inercial. Registre-se que, ainda em 1909 (*Philosophical Magazine* **18**, p. 510), os físicos químicos norte-americanos Gilbert Newton Lewis (1875-1946) e Richard Chase Tolman (1881-1948) deduziram as expressões relativistas para a energia ($E = mc^2$) e momento linear ($p = mv$) de uma partícula de massa relativista ($m = m_0 \gamma$), partindo da suposição de que as leis de conservação dessas grandezas físicas se conservam em todos os referenciais inerciais.

Por sua vez, em 1923 (*Physical Review* **21**, p. 483), o físico norte-americano Arthur Holly Compton (1892-1962; PNF, 1927) estudou o espalhamento de raios-X pela matéria, ocasião em que demonstrou a seguinte expressão: $\lambda' - \lambda = \lambda_c (1 - \cos \theta)$, onde λ e λ' representam, respectivamente, os comprimentos de onda dos raios-X, antes e depois de serem espalhados por elétrons de massa de repouso m_0 , θ é o ângulo de espalhamento e $\lambda_c = h/(m_0 c)$ significa o **comprimento de onda Compton**. Ainda em 1923 (*Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris* **177**, pgs. 507; 548; 630), o físico francês, o Príncipe Louis Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987; PNF, 1929) propôs que o movimento do elétron de massa de repouso m_0 e velocidade v , em uma órbita circular atômica é guiado por uma **onda-piloto**, cujo comprimento de onda λ se relaciona com o seu momento linear ($p = m_0 v$) por intermédio da expressão: $\lambda = h/p$. A partir dessa proposta de Broglie do caráter dual do elétron, que foi confirmada nas célebres experiências realizadas, em 1927 (*Nature* **119**, p. 558; *Physical Review* **30**, p. 705), pelos físicos norte-americanos Clinton Joseph Davisson (1881-1958; PNF, 1937) e Lester Halbert Germer (1896-1971) ao observarem a difração de elétrons em cristais de níquel (Ni), a dualidade onda-partícula foi estendida para toda a matéria, com a luz incluída.

Em vista dos resultados apresentados acima, os físicos brasileiros Benedito Tadeu Ferreira de Moraes (n.1963) e José Maria Filardo Bassalo (n.1935), escreveram o trabalho intitulado **A Obtenção do Comprimento de Onda Compton por Intermédio de uma Interpretação Quantum-Relativística das Partículas em Repouso** (*Preprint*, 2008), no qual demonstram que a **energia relativista das partículas** (E), com velocidade v e massa inercial m , pode ser escrita na forma: $E = [\gamma(\gamma + 1)] m v^2 + m_0 c^2$, onde o primeiro termo do lado direito representa a energia cinética e o segundo termo, a **energia de repouso**, e γ (definido acima) é o fator de correção relativístico. Da expressão acima segue que, para baixas velocidades, em que $\gamma \rightarrow 1$, tem-se: $E \approx (1/2) m_0 v^2 + m_0 c^2$. Além disso e ainda no trabalho referido acima, apresentamos a **conjectura** de que uma partícula (p.e.: elétron) em repouso, possui as seguintes características: **energia de repouso** $E_0 = m_0 c^2 = (m_0 c) c$; **momentum de repouso** $p_0 = m_0 c$; **comprimento de onda de repouso** λ_0 ; e **freqüência de repouso** ν_0 ($\omega_0 = 2\pi \nu_0$), relacionados pelas seguintes expressões: $\lambda_0 = c/\nu_0 = h/p_0 = h/m_0 c = \lambda_c$ e $E_0 = m_0 c^2 = (m_0 c) c = p_0 c = (h/\lambda_0) c = h \nu_0 = \hbar \omega_0$, com $\hbar = h / (2\pi)$.

Em vista da **conjectura** proposta neste verbete, pode-se concluir que: 1) o **comprimento de onda Compton** (λ_c) pode ser interpretado como o **comprimento de onda associado a uma partícula em repouso** (λ_0), e que é algo inerente à matéria; 2) há sempre uma onda associada a uma partícula, quer ela esteja em repouso, quer ela esteja em movimento.

Na conclusão deste verbete, é oportuno registrar que há uma outra interpretação para o **comprimento de onda Compton** λ_c , como se pode ver em: B. C. Chang, <http://arXiv.org/ftp/physics/papers/0404/0404044.pdf> (acesso em 19/12/2008). Registre-se que, ainda neste artigo, há a interpretação da **partícula livre como um pacote de onda**. Aproveitamos a oportunidade para agradecer ao físico brasileiro Nelson Pinheiro Coelho de Souza (n.1956), o acesso a esse *site*.



ANTERIOR

SEGUINTE