



### A fórmula de Klein-Nishina

A equação de Compton permite calcular as energias do fóton e do elétron espalhados em termos do ângulo de espalhamento do fóton, mas não diz nada sobre a probabilidade de encontrar o fóton espalhado em um determinado ângulo com relação a outros. A interação entre o fóton e o elétron no espalhamento Compton pode ser completamente explicada no contexto da eletrodinâmica quântica (QED, de *quantum electrodynamics*). Dessa teoria pode-se obter a dependência angular do espalhamento, ou *seção de choque diferencial* em função da energia do fóton incidente:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{2} r_e^2 f(E_\gamma, \theta)^2 [f(E_\gamma, \theta) + f(E_\gamma, \theta)^{-1} - \sin^2 \theta]$$

onde  $r_e = e^2/m_e c^2 = 2,818 \times 10^{-15} m$  é o raio clássico do elétron,  $f(E_\gamma, \theta) = 1/[1 + E_\gamma(1 - \cos \theta)]$  e  $E_\gamma = h\nu/m_e c^2$  é a energia do fóton em unidades da massa de repouso do elétron (511 keV/c<sup>2</sup>). Esta fórmula foi derivada em 1928 por Oskar Klein e Yoshio Nishina e foi um dos primeiros resultados obtidos com a eletrodinâmica quântica. Para baixas energias ( $E_\gamma \ll m_e c^2$ ) esta expressão aproxima-se da expressão derivada anos antes por J. J. Thomson, o descobridor do elétron, utilizando a eletrodinâmica clássica ( $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{2} [1 + \cos^2 \theta] r_e^2$ ).

A figura abaixo mostra um gráfico polar da seção de choque diferencial de Klein-Nishina para várias energias. A partir do gráfico, extraia informações para construir gráficos da seção de choque em função da energia para  $\theta = 0, 45, 90, 135$  e  $180$  graus

