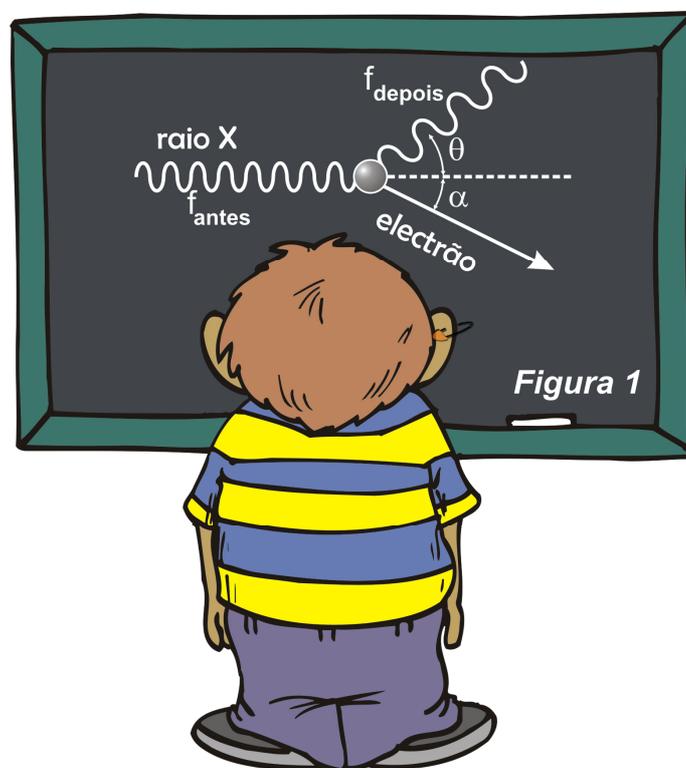


Em 1924, o físico americano Compton estudou a interação de raios X (radiação electromagnética de alta frequência, acima da frequência do ultravioleta) com a matéria. Compton verificou que um feixe de raios X de frequência f era desviado (difundido) e que a frequência da luz difundida dependia do ângulo de difusão θ , sendo, no entanto, sempre inferior à frequência da luz incidente ($f_{depois} < f_{antes}$). Ver figura 1.



Por que é que $f_{depois} < f_{antes}$? A resposta, depois de Einstein, é muito simples: tal como num choque entre partículas (bolas de bilhar, por exemplo), parte da energia do fóton passa para o electrão, inicialmente em repouso. A energia, que antes era hf_{antes} , passará a ser $hf_{depois} < hf_{antes}$. A diferença $hf_{antes} - hf_{depois}$ é a energia cinética ganha pelo electrão. Note que, como as frequências utilizadas são muito elevadas (raio X), a energia de ligação despreza-se nestes cálculos.

Compton, no seu estudo, levou a analogia “fotão = partícula” mais longe. Num choque há não só conservação de energia mas também do momento linear. Temos então, aplicando as leis de conservação:

— *Conservação da energia*

$$hf_{antes} = hf_{depois} + \frac{1}{2}mv^2 ,$$

onde m é a massa do electrão e v a sua velocidade após o choque.

— *Conservação do momento linear*

$$\begin{cases} p_{antes} = p_{depois} \cos \theta + mv \cos \alpha \\ 0 = p_{depois} \sin \theta + mv \sin \alpha \end{cases} ,$$

onde p_{antes} (p_{depois}) é o momento linear do fotão, antes (depois) do choque.

Compton verificou, experimentalmente, considerando diferentes valores para o ângulo θ de difusão, que as leis eram bem verificadas se se definisse o momento linear do fotão de acordo com a seguinte relação:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda} .$$

O que é impressionante nesta conclusão de Compton é o fotão – a onda electromagnética – se comportar no choque com o electrão como uma partícula. Numa mesma expressão temos, no lado esquerdo, o momento linear p , que é uma grandeza caracteristicamente corpuscular, e, no lado direito, o comprimento de onda λ , que é uma grandeza nitidamente ondulatória.

Note que, usando as fórmulas relativistas ($E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$, relação entre energia, momento linear e massa), a relação de Compton, $\frac{E}{p} = c$, só se obtém no caso de uma partícula de massa nula.