

ФОТОНЫ

ФОТОНЫ

Электромагнитное излучение не только

испускается, поглощается, но и распространяется в виде отдельных квантов или фотонов. Энергия фотона определяется его частотой ν или ω

$$\epsilon_{\phi} = h\nu = \hbar\omega, \quad \text{где } \hbar = \frac{h}{2\pi},$$

$\omega = 2\pi\nu$ или длиной волны λ :

$$\epsilon_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \left(\nu = \frac{1}{T} = \frac{c}{\lambda}\right)$$

Помимо энергии фотон
обладает импульсом

$$\varepsilon^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4 \quad (a)$$

Если для фотона (частицы света)
 $m = 0$, тогда:

$$\varepsilon^2 = p^2 c^2 \quad (b)$$

Для фотона, движущегося со скоростью света ($v = c$) импульс равен:

$$p_{\phi} = \frac{\epsilon_{\phi}}{c} \quad \text{или} \quad p_{\phi} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Вводя волновое число $k = 2\pi/\lambda$,

($h = 2\pi\hbar$) получим: $p_{\phi} = \hbar k$

Эффект Комптона

Эффект
Комптона

Артур Комптон



1892 - 1962

Эффект
Комптона

Схема опытов Комптона



Согласно закону сохранения энергии:

$$h\nu + m_0c^2 = h\nu' + c\sqrt{p^2 + m_0^2c^2} \quad (1)$$

Здесь: $h\nu = \hbar\omega =$ - энергия падающего фотона;

$h\nu'$ - энергия рассеянного фотона;

m_0c^2 - энергия покоя электрона;

p - импульс электрона после столкновения;

c - скорость света.

Согласно закону сохранения импульса

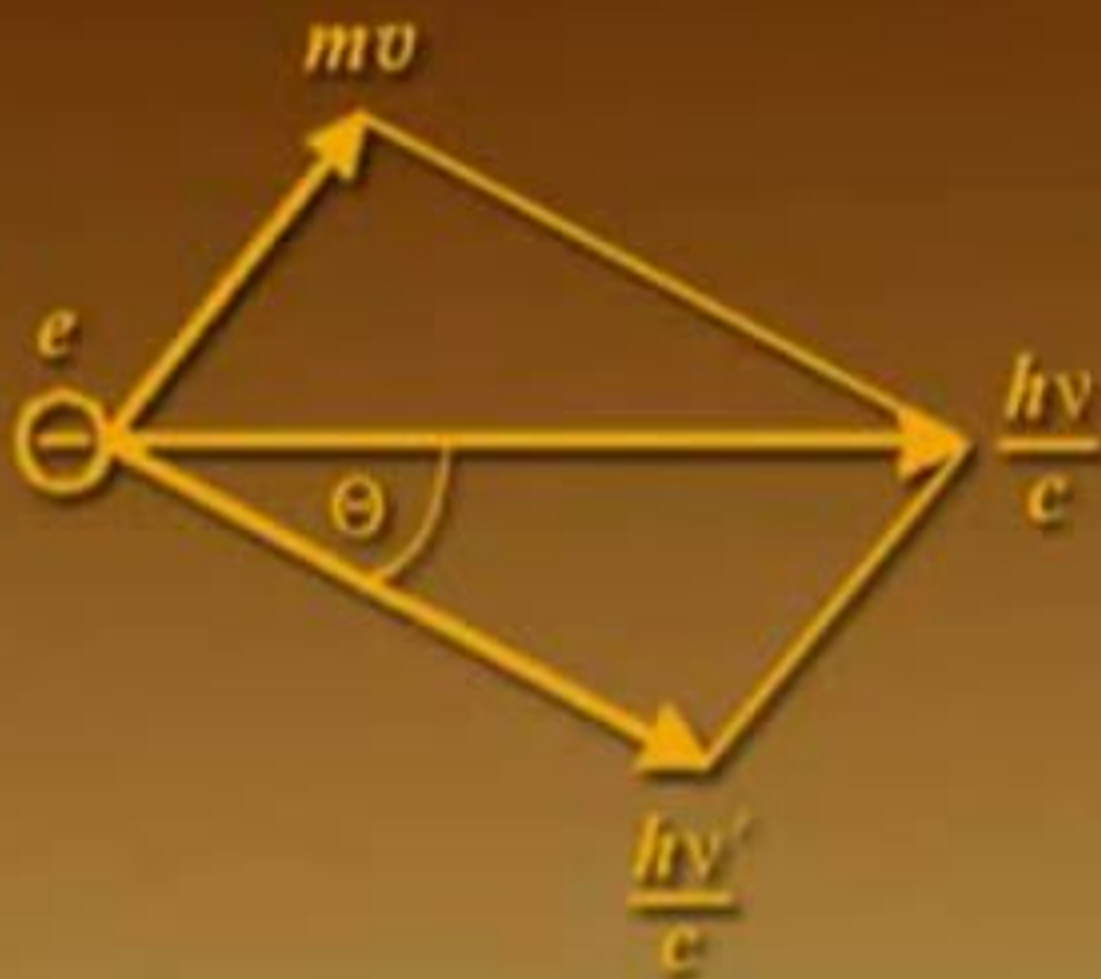
$$\frac{h}{2\pi} \vec{k} = \vec{p} + \frac{h}{2\pi} \vec{k}', \quad (2)$$

где $\frac{h}{2\pi} \vec{k}$ - импульс налетающего фотона
его модуль равен $\frac{h\nu}{c}$

$\frac{h}{2\pi} \vec{k}'$ - импульс рассеянного фотона
его модуль равен $\frac{h\nu'}{c}$

$\vec{p} = m\vec{v}$ - импульс электрона отдачи

Векторная схема закона сохранения импульса



$$p^2 = (mv)^2 = \left(\frac{h\nu}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu'}{c}\right)^2 - 2\left(\frac{h\nu}{c}\right)\left(\frac{h\nu'}{c}\right)\cos\Theta \quad (3)$$

$$p^2 = (mv)^2 = \left(\frac{h\nu}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu'}{c}\right)^2 - 2\left(\frac{h\nu}{c}\right)\left(\frac{h\nu'}{c}\right)\cos\Theta \quad (3)$$

$$h\nu + m_0c^2 = h\nu' + c\sqrt{p^2 + m_0^2c^2} \quad (1)$$

Решая совместно уравнения (1) и (3),
получим:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \left(\frac{h}{m_0 c} \right) (1 - \cos\Theta)$$

или $\Delta\lambda = \Lambda(1 - \cos\Theta)$

$\Lambda = \frac{h}{m_0 c}$ - комптоновская длина волны
частицы с массой покоя,
равной m_0

для электрона $\Lambda = 0,0243 \cdot 10^{-10}$ м