

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

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

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

$$\varepsilon_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{\lambda})$$

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:

$$P_\Phi = \frac{\epsilon_\Phi}{c} \quad \text{или} \quad P_\Phi = \frac{hv}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

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

($\nu = 2\pi f$) получим: $P_\Phi = \hbar k$

Эффект Комптона

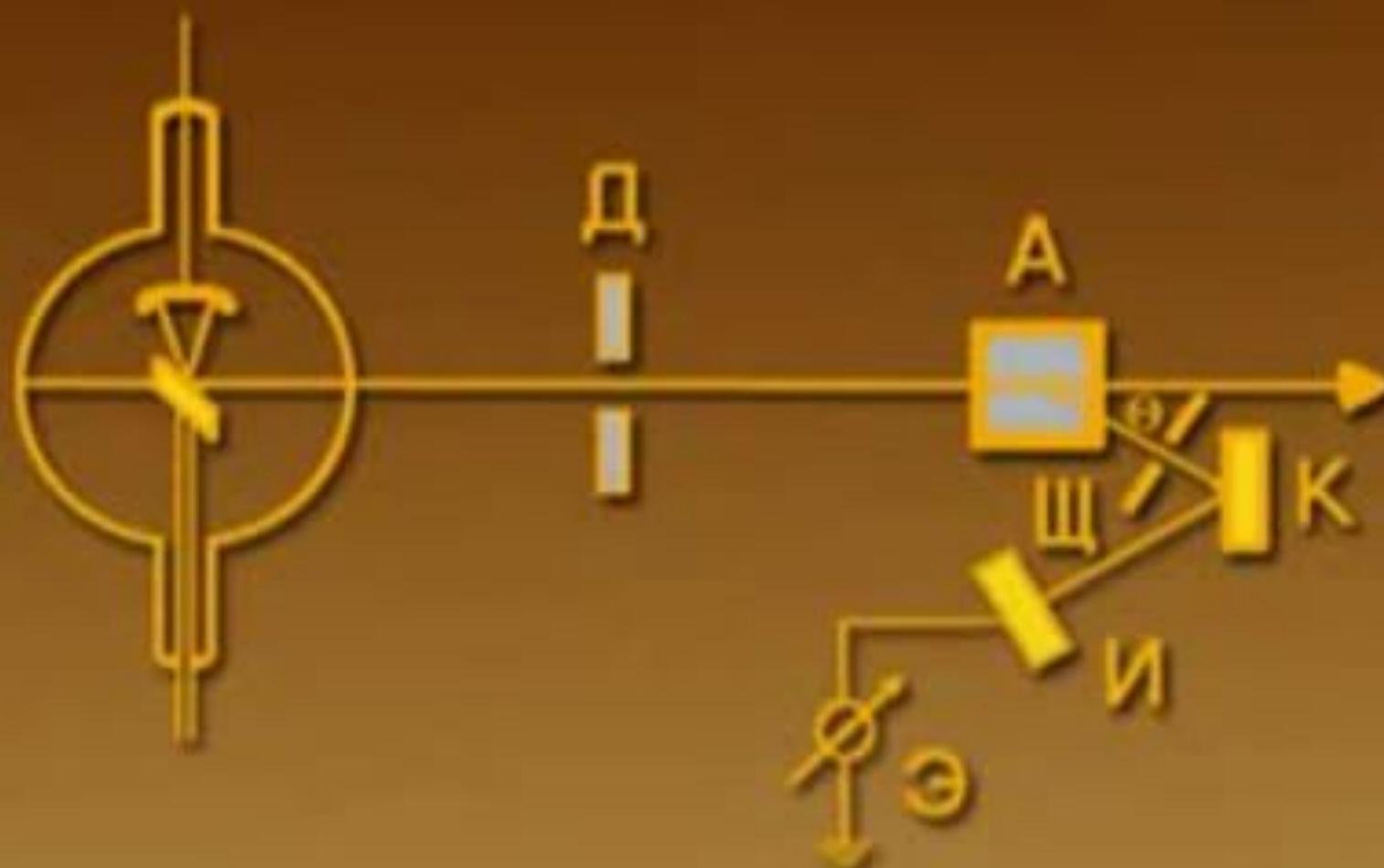
Эффект
Комптона

Артур Комптон



1892 - 1962

Схема опытов Комптона



Согласно закону сохранения энергии:

$$\hbar v + m_0 c^2 = \hbar v' + c \sqrt{p^2 + m_0^2 c^2} \quad (1)$$

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

$\hbar v'$ - энергия рассеянного фотона;

$m_0 c^2$ - 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

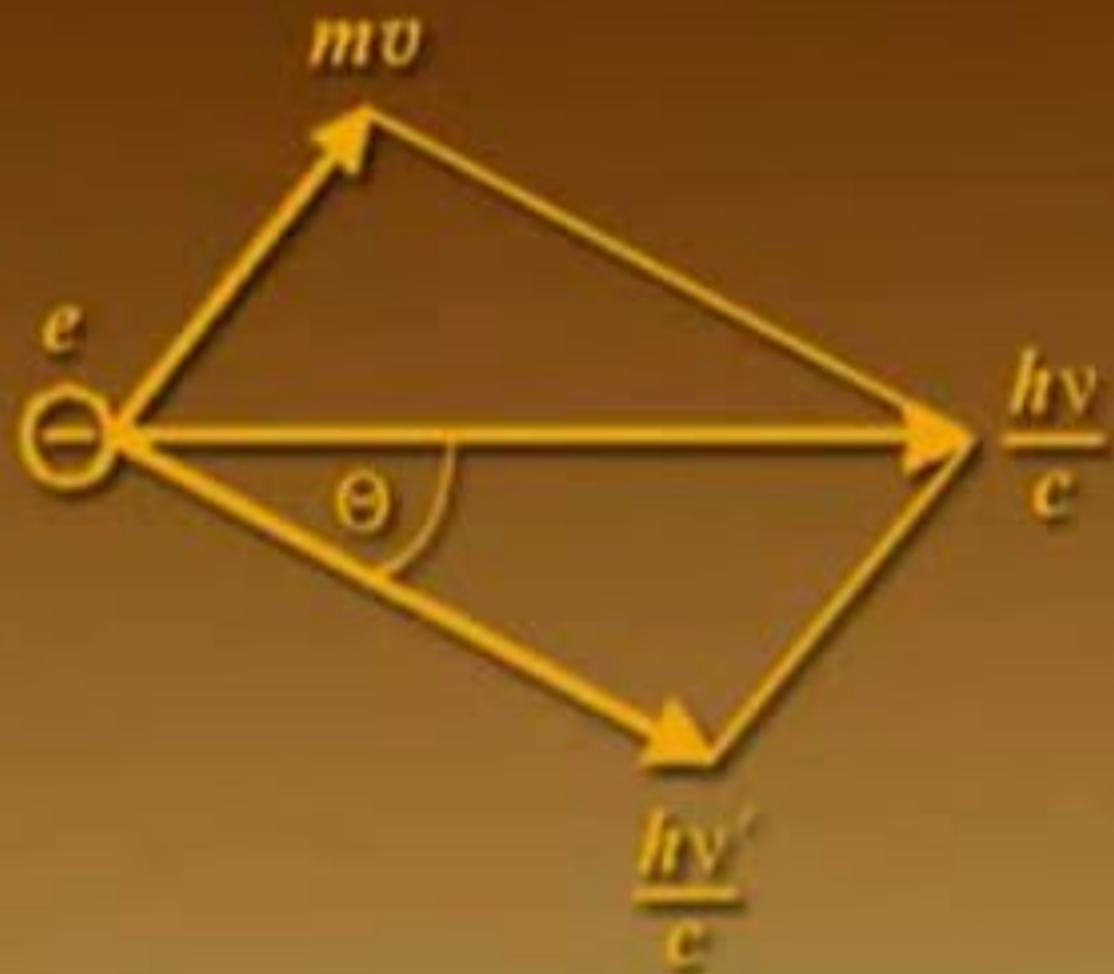
его модуль равен $\frac{hv}{c}$

$\frac{h}{2\pi} \vec{k}'$ - импульс рассеянного фотона

его модуль равен $\frac{hv'}{c}$

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

Векторная схема закона сохранения импульса



Эффект Комптона

$$p^2 = (mv)^2 = \left(\frac{hv}{c}\right)^2 + \left(\frac{hv'}{c}\right)^2.$$

$$= 2 \left(\frac{hv}{c}\right) \left(\frac{hv'}{c}\right) \cos \Theta \quad (3)$$

Эффект Комптона

$$p^2 = (mv)^2 = \left(\frac{hv}{c}\right)^2 + \left(\frac{hv'}{c}\right)^2.$$

$$= 2 \left(\frac{hv}{c}\right) \left(\frac{hv'}{c}\right) \cos \Theta \quad (3)$$

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

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.