

39. Фотоны. Энергия, импульс, масса фотона. Эффект Комптона

Фотон — элементарная частица, квант электромагнитного излучения; безмассовая частица, способная существовать в вакууме только двигаясь со скоростью света. Электрический заряд фотона равен нулю.

Эйнштейн предположил, что свет и распространяется в виде дискретных частиц – *фотонов*

Так как фотон движется со скоростью света в любой ИСО, то он согласно принципам теории относительности не обладает массой покоя

$$E = \hbar\omega \quad \text{– энергия фотона}$$

$$p = E/c = \hbar\omega/c \quad \text{– импульс фотона}$$

Давление света

Поскольку фотоны обладают импульсом, то свет, падающий на тело, оказывает на него давление.

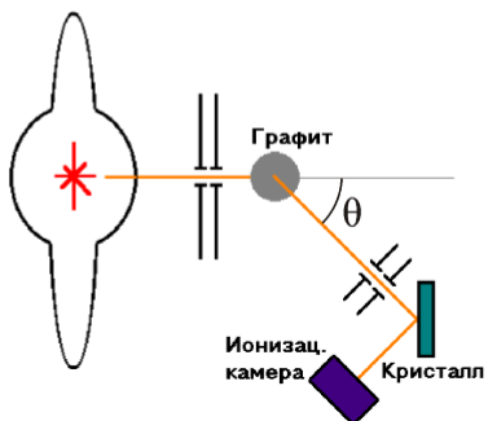
Если в единицу времени на единицу площади перпендикулярно падает N фотонов, то при коэффициенте отражения ρ света от поверхности ρN фотонов отразится, а $(1-\rho)N$ – поглотится. Каждый поглощенный фотон передает поверхности импульс $p = \hbar\omega/c$, а каждый отраженный – $p = 2\hbar\omega/c$.

$$P = \frac{I}{c}(1 + \rho) = w(1 + \rho)$$

$$I = N\hbar\omega \quad \text{– интенсивность падающего излучения}$$

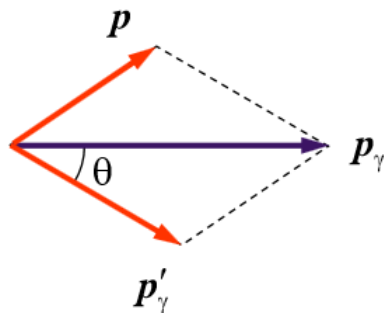
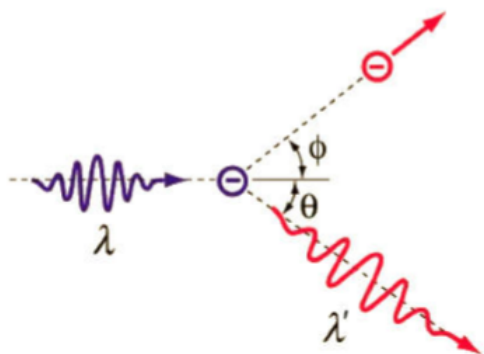
$$w = I/c \quad \text{– объемная плотность энергии излучения}$$

Схема опыта Комптона



При рассеянии рентгеновских лучей веществами в рассеянных лучах, наряду с излучением первоначальной длины λ содержатся также лучи большей длины волны λ' .

Эффект Комптона обусловлен упругим рассеянием рентгеновского излучения на свободных (или слабосвязанных) электронах вещества, которое сопровождается увеличением длины волны



Энергия электрона до и после столкновения

$$E_0 = m_0 c^2 \quad E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$$

Энергия и импульс налетающего фотона

$$\varepsilon_\gamma = \hbar \omega \quad p_\gamma = \hbar \omega / c$$

Энергия и импульс рассеянного фотона

$$\varepsilon'_\gamma = \hbar \omega' \quad p'_\gamma = \hbar \omega' / c$$

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_c (1 - \cos\theta)$$

$$\lambda_c = \frac{2\pi\hbar}{m_0c} \quad - \text{комптоновская длина волны электрона}$$

Объяснение эффекта Комптона: Излучение имеет корпускулярную природу, т. е. представляет собой поток фотонов. Эффект Комптона — результат упругого столкновения рентгеновских фотонов со свободными электронами вещества. В процессе этого столкновения фотон передает электрону часть своих энергии и импульса в соответствии с законами их сохранения. В результате длина волны после столкновения увеличивается (для легких атомов электроны слабо связаны с ядрами атомов, поэтому их можно считать свободными).