



# **Фотоэффект. Эффект Комптона**

## ***Лекция 8***

***Постникова Екатерина Ивановна,  
доцент кафедры экспериментальной физики***

# Фотоны


Эйнштейн предположил, что не только излучение света, но и его распространение происходит в виде потока **световых квантов – фотонов**, энергия которых

$$\mathcal{E} = h \nu = mc^2 \Rightarrow m_{\text{фотона}} = \frac{h \nu}{c^2} = \frac{h}{c \lambda}.$$

$$\text{Импульс фотона: } p = mc = \frac{h}{c \lambda} c = \frac{h}{\lambda}.$$

**Экспериментальные доказательства** квантовой природы излучения и корпускулярных свойств фотонов:

- фотоэлектрический эффект,
- эффект Комптона.



*Корпускулярные* характеристики фотона: масса, импульс, энергия.

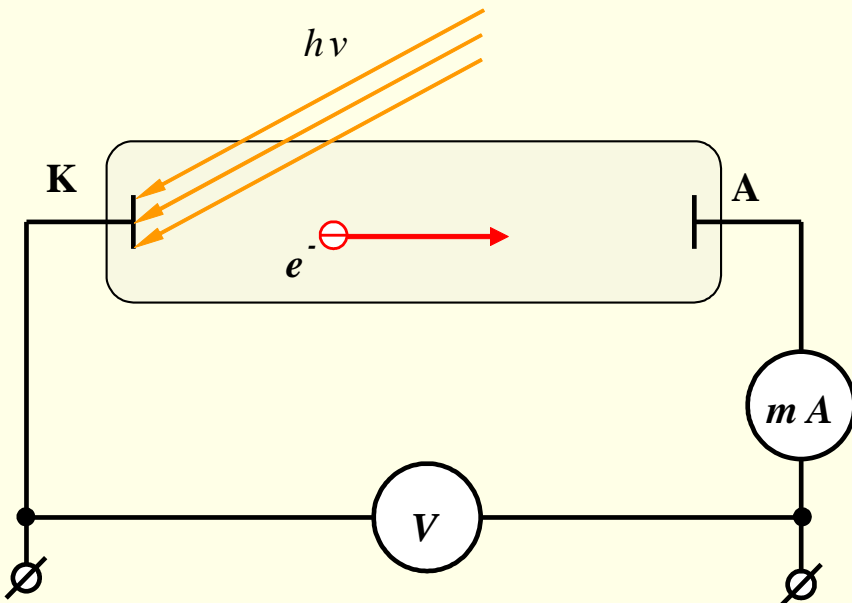
*Волновые* характеристики света: частота.

Следовательно, свет обладает *корпускулярно-волновым дуализмом*.

# Фотоэффект

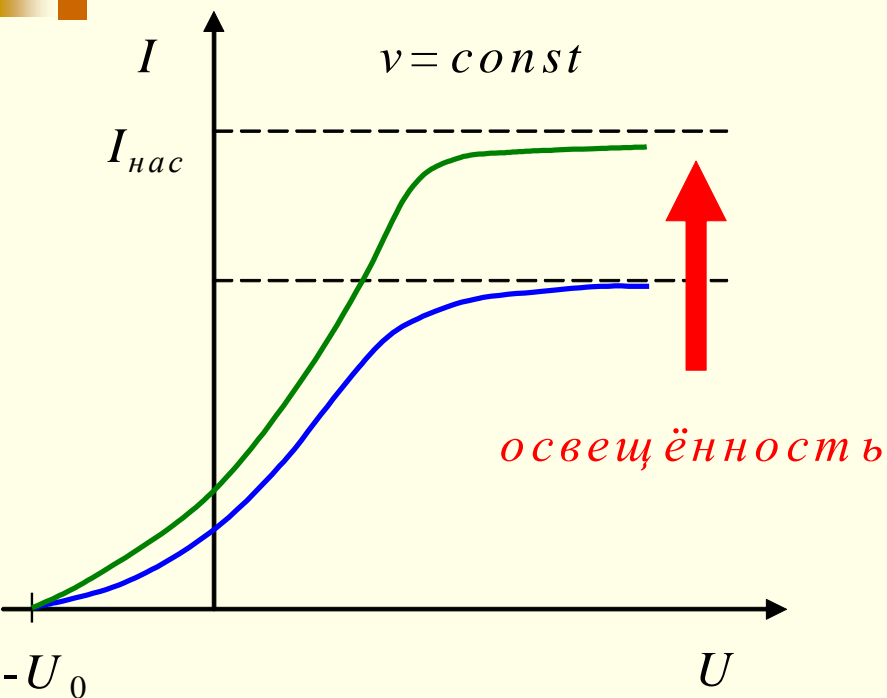
• **Внешний фотоэффект** – испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения. (Металлы, полупроводники, диэлектрики, в газах – на отдельных атомах и молекулах фотоионизация.)

**Свойства** (3 закона внешнего фотоэффекта Столетова):



1. При  $\nu = const$  число фотоэлектронов, вырываемых из катода в единицу времени пропорционально интенсивности света  $I$ .

$I_{насыщ}$  пропорционален освещённости катода.



2. Максимальная начальная скорость ( $\max E_{кин}$ ) фотоэлектронов не зависит от интенсивности падающего света, а определяется только частотой  $\nu$ .

$$\frac{m v_{\max}^2}{2} = eU_0, \quad U_0 \text{-задерживающая разность потенциалов}$$

3. Для каждого вещества существует **красная граница** фотоэффекта, т.е. минимальная частота ( $\nu_{min}$ ), ниже которой фотоэффект не возможен.  $\nu_{min}$  зависит от химической природы вещества и состояния его поверхности.

Волновая теория света не объясняет:

- 2 и 3 свойства фотоэффекта,
- безинерционность фотоэффекта.

Безинерционность фотоэффекта объясняется *квантовой теорией фотоэффекта Эйнштейна*, в соответствии с которой передача энергии от фотона электрону при столкновении происходит почти мгновенно.

## **Основные положения квантовой теории фотоэффекта:**

- ✓каждый квант поглощается только одним электроном (следствие – 1 закон фотоэффекта),

✓ энергия падающего фотона расходуется на совершение электроном работы выхода ( $A$ ) из вещества и на сообщение вылетевшему фотоэлектрону кинетической энергии (следствие – 2 и 3 законы фотоэффекта).

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E} = h\nu &= A + \underbrace{\frac{m v_{\max}^2}{2}}_{eU_0}, \\ h\nu_{кр} &= A; \quad \nu_{кр} = \frac{A}{h}. \end{aligned} \right\}$$

Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{m v^2}{2} = h\nu_{кр} + eU_0 \Rightarrow eU_0 = h(\nu - \nu_{кр}).$$

• **Многофотонный (нелинейный) фотоэффект** – при больших интенсивностях света (лазерные пучки) электрон, испускаемый катодом, может одновременно получить энергию не от одного, а от  $N$  фотонов:

$$Nh \nu = A + \frac{m v^2}{2}.$$

Электрон может приобрести энергию, необходимую для выхода из вещества, даже под действием света с частотой меньшей  $\nu_{кр}$  однофотонного эффекта. Красная граница смещается в область меньших частот (больших  $\lambda$ ).



• **Внутренний фотоэффект** — вызванные электромагнитным излучением переходы электронов внутри полупроводников и диэлектриков из связанных состояний в свободные без вылета наружу. Следствием является появление *фототока*.

• **Вентильный фотоэффект** (разновидность внутреннего) — возникновение э.д.с. (фото-э.д.с.) при освещении контакта двух разных полупроводников или полупроводника и металла при отсутствии внешнего электрического поля. Применение — солнечные батареи.

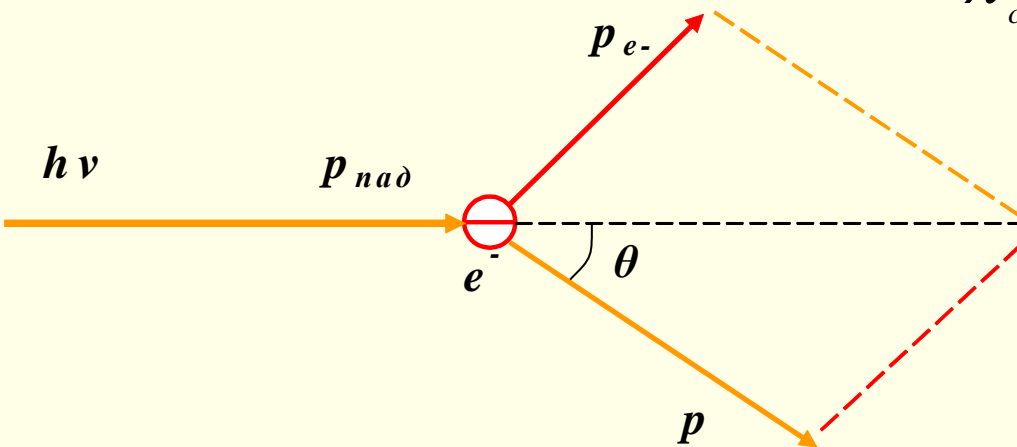
# Эффект Комптона

Упругое рассеяние коротковолнового электромагнитного излучения (рентген и  $\gamma$ -излучение) на свободных или слабосвязанных электронах вещества, сопровождающееся увеличением длины волны.

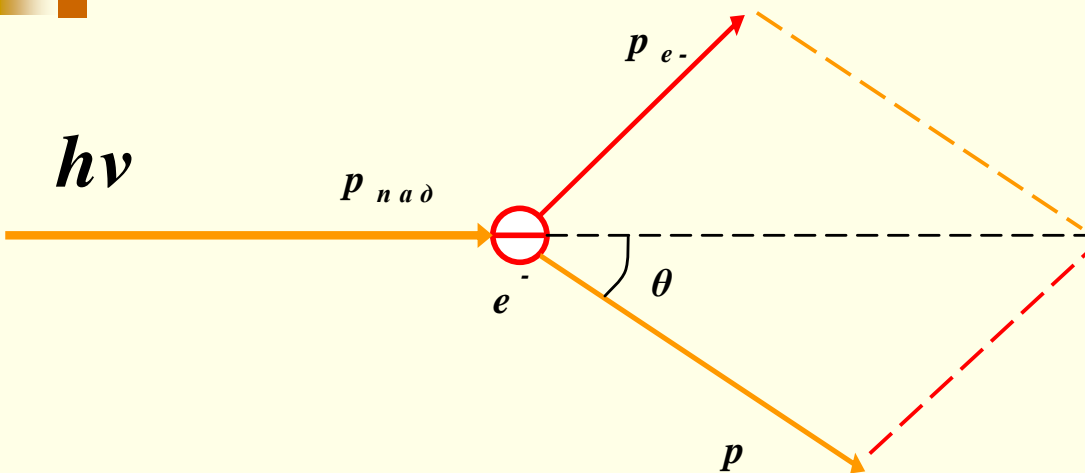
$$\Delta \lambda = \lambda_{\text{рассеян. изл.}} - \lambda_{\text{пад. изл.}} = 2 \lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2},$$

$\theta$  – угол рассеяния,

$$\lambda_c = \frac{h}{m_0 c} = 2,426 \text{ нм} -$$



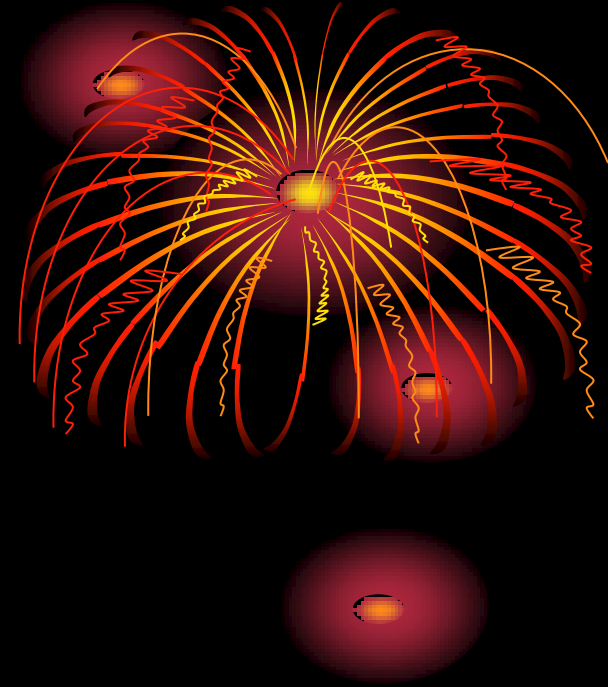
КОМПТОНОВСКАЯ ДЛИНА ВОЛНЫ,  $m_0$  – МАССА ПОКОЯ ЭЛЕКТРОНА.



В процессе упругого рассеяния фотона  $h\nu$  со свободным электроном фотон передаёт электрону часть своей энергии и импульса. В соответствии с законами их сохранения фотон потеряет часть своей

энергии (  $\varepsilon_{\text{фотона}} = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$  ), энергия фотона

уменьшается, уменьшается частота  $\nu$ , длина волны  $\lambda$  увеличивается.



***Конец лекции***