

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

1900Г. М. ПЛАНК, 1905Г. А. ЭЙНШТЕЙН

- Свет может излучаться, распространяться и поглощаться только отдельными порциями – квантами (фотонами).

- Энергия кванта

$$E = h\nu$$

$h=6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка

- Интенсивность света зависит от плотности потока фотонов и их энергии
- При взаимодействии света с веществом квант полностью поглощается или отражается
- Процесс поглощения энергии кванта веществом происходит практически мгновенно

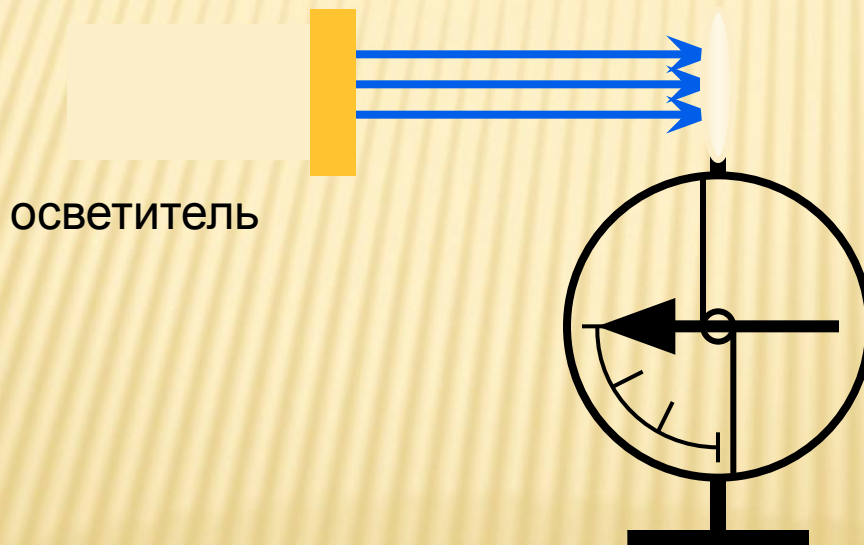
Фотоэффект



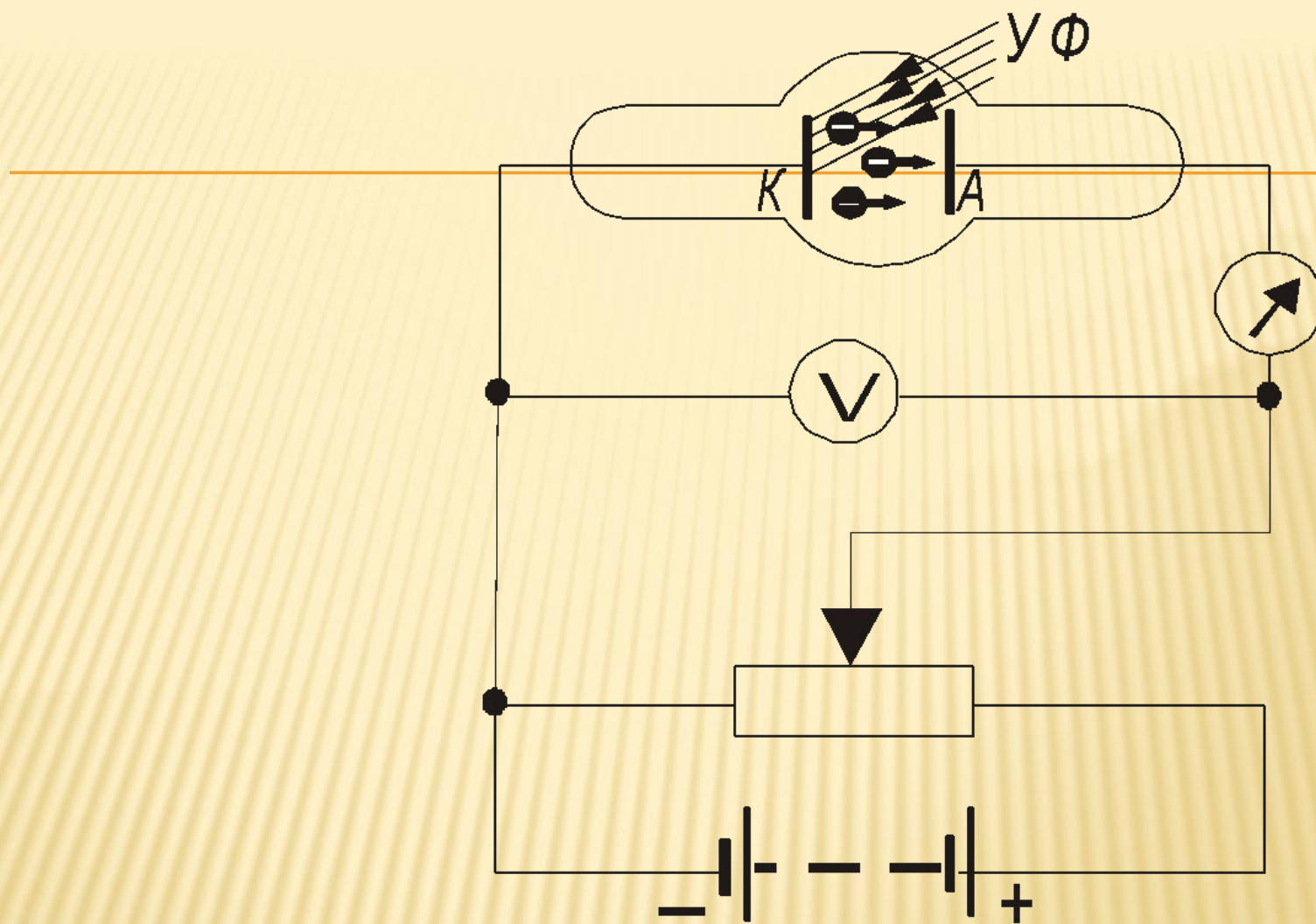
1887 г.

Генрих Герц

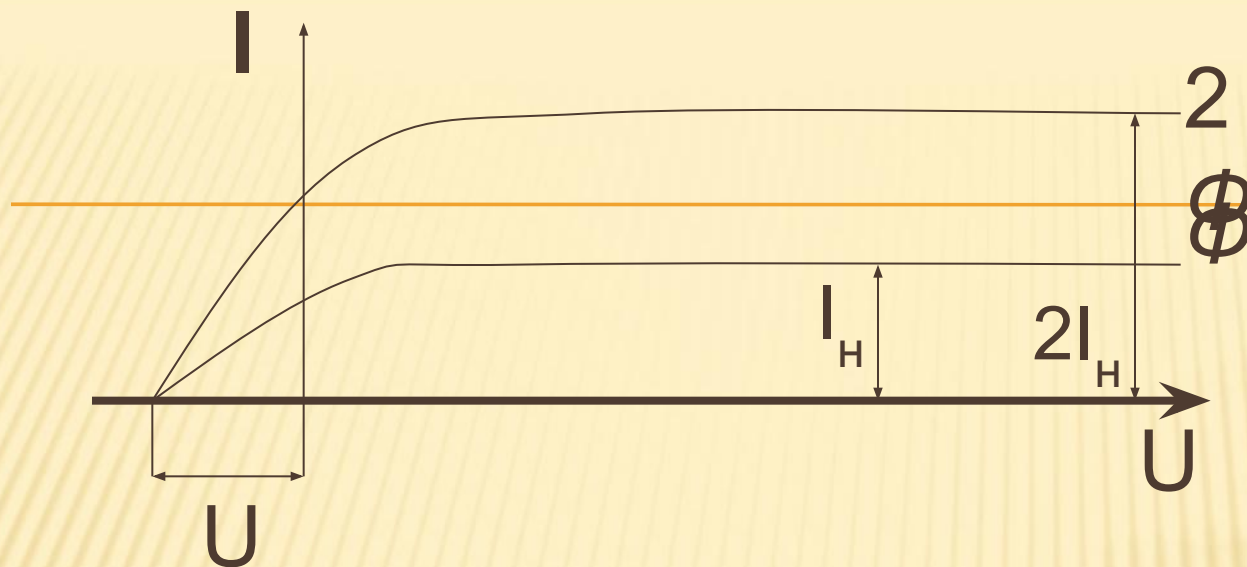
Фотоэффект – это явление вылета электронов из вещества под действием света.



ЗАКОНЫ ФОТОЭФФЕКТА



1888 г., А.Г. Столетов



1-й закон

3

фототок насыщения прямо пропорционален световому потоку

Если $U=U_3$, то $I=0$

2-й закон

Закон сохранения энергии (ЗСЭ)

$$E_k = A \rightarrow \frac{m_e v_{\text{макс}}^2}{2} = eU_3$$

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности излучения и определяется только его частотой.

МИНИМАЛЬНАЯ ЧАСТОТА ВОЛНЫ ДЛЯ КАЖДОГО ВЕЩЕСТВА, ПРИ КОТОРОЙ НАБЛЮДАЕТСЯ ФОТОЭФФЕКТ, НАЗЫВАЕТСЯ *КРАСНОЙ ГРАНИЦЕЙ* ФОТОЭФФЕКТА.

3-й закон

Красная граница фотоэффекта определяется только материалом электрода и не зависит от интенсивности излучения.

4-й закон

Фотоэффект практически безынерционен.

ТЕОРИЯ ФОТОЭФФЕКТА

Уравнение Эйнштейна

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\text{макс}}^2}{2}$$

Энергия кванта света расходуется на совершение работы выхода (т.е. работы, которую нужно совершить для извлечения электрона из металла) и на сообщение электрону кинетической энергии.

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}; \nu_{\text{мин}} = \frac{A_{\text{вых}}}{h}$$

- условие существования фотоэффекта.

Теория фотоэффекта

$$h\nu_{\min} = A_{\phi}$$

если $\left\{ \begin{array}{l} \lambda > \lambda_{\max} \\ \nu < \nu_{\min} \end{array} \right\}$, то фотоэффект
не наступает

$$\nu_{\min} = \frac{A_{\phi}}{h}$$

$$\nu_{\min} = \frac{c}{\lambda_{\max}}$$

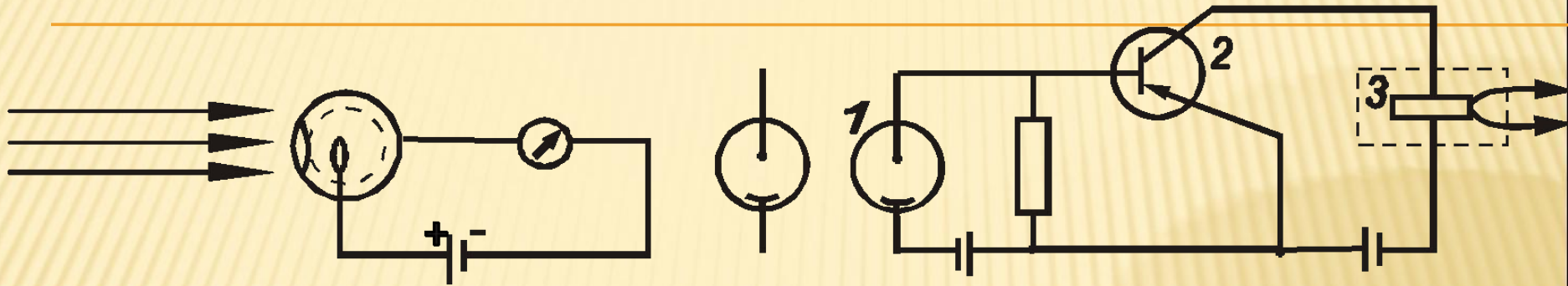
$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{A_{\phi}}$$

- красная граница
фотоэффекта



ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОЭФФЕКТА

Внешний фотоэффект: фотоэлементы



Достоинства:

Безынерционность,
пропорциональность силы фототока
интенсивности излучения.

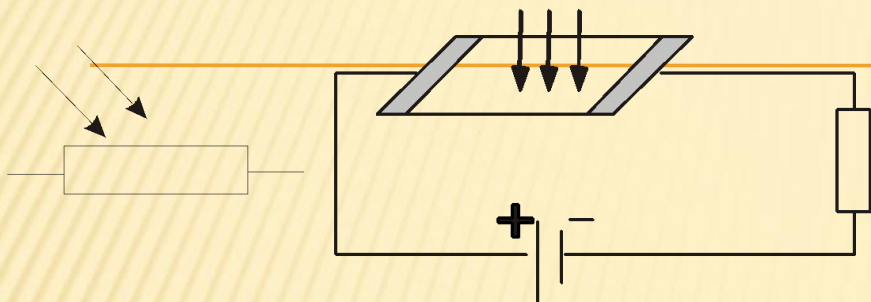
Недостатки:

Слабый ток, слабая чувствительность
к длинноволновому излучению,
хрупкость, сложность изготовления.

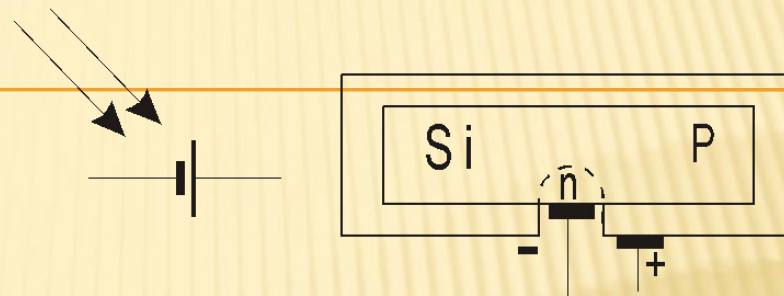
Применение:

Световая сигнализация, освещение на
улицах, прессы на производствах,
типографское дело, звуковое кино.
Фотореле – фотоэлемент (1),
усилитель (2), электромагнитное реле
(3).

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ С ВНУТРЕННИМ ФОТОЭФФЕКТОМ



Фоторезистор – п/п прибор, сопротивление которого зависит от освещенности.



Фотоэлемент – п/п прибор, в котором под действием света возникает ЭДС, при этом световая энергия непосредственно преобразуется в электрическую.

Достоинства: Высокая фоточувствительность, большой срок службы, малые размеры, простота изготовления, возможность подбора рабочего интервала длин волн.

Недостатки: Фоторезисторы – зависимость сопротивления от температуры, отсутствие прямой пропорциональности между силой тока в цепи и интенсивностью освещения, влияние на величину сопротивления окружающей среды, инерционность.

Применение: Фоторезисторы – автоматическое управление электрическими цепями с помощью световых сигналов (фотореле); фотоэлементы – солнечные батареи, люксметры, фотоэкспонетры.

ФОТОНЫ

Основные свойства фотона:

- является квантом электромагнитного поля;
- движется со скоростью света;
- существует только в движении;
- масса покоя равна нулю

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФОТОНА

- Энергия фотона

$$E = h\nu = \hbar\omega$$

- Величина импульса фотона

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

**Дуализм
свойств**

частица – взаимодействие с веществом

волна – распространение света

Корпускулярно – волновой дуализм

свет - волна



- интерференция
- дифракция
- поляризация

свет – поток частиц



- фотоэффект (красная граница)
- коротковолновая граница рентгеновских спектров
- Эффект Комптона

Нильс Бор – принцип дополнительности: для описания того или иного явления надо использовать или волновую или корпускулярную теорию света, но не ту и другую одновременно.



Корпускулярно – волновой дуализм

1923 г. Луи де-Бройль – все тела обнаруживают свойства волны и частицы.

$$P = mv = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow \lambda_B = \frac{h}{mv} \quad \text{- дебройлевская длина волны}$$

Чем меньше масса, тем больше длина волны – длина волны фотонов имеет реально измеримые величины.

1927 г. – первые наблюдения дифракции электронов

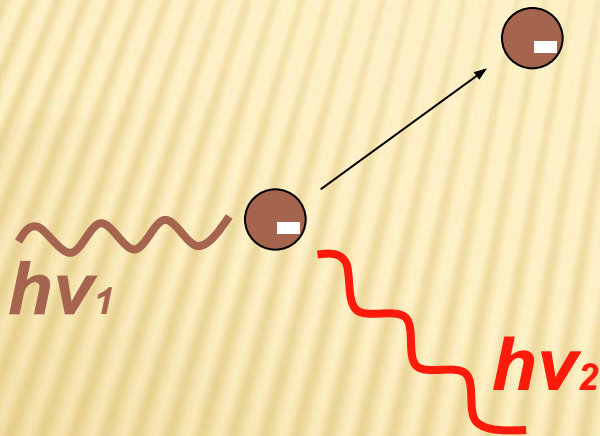


Эффект Комптона

1923 г.

Артур Холли

Частота света уменьшается при его рассеянии на электронах.



Выполняется закон сохранения импульса:

$$\vec{p}_{f0} = \vec{p}_f + \vec{p}_{e^-}$$

$$\Delta E = h\Delta\nu$$

